

The logo for EGM, featuring a stylized orange icon of a building or structure to the left of the letters 'EGM' in a bold, orange, sans-serif font.

**EGM**

A photograph of a mechanical room featuring a complex network of aluminum piping. The pipes are arranged in a vertical and horizontal grid, with several large, cylindrical components (possibly heat exchangers or pumps) integrated into the system. A white spherical tank is mounted on the wall. The room has a concrete floor and a white wall.

Für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung

*Energiekonzept für die Umnutzung der ehemaligen Poliklinik*

## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| Einleitung.....   | 1  |
| Projektvorstellung .....  | 1  |
| Grundlagen.....   | 2  |
| Gesetzliche Rahmenbedingungen.....  | 2  |
| Gebäude Energie Gesetz (GEG).....   | 2  |
| Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) .....                                   | 4  |
| AVBFernwärmeV .....   | 5  |
| Förderung.....  | 6  |
| Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG – EM) ..... | 6  |
| Förderprogramm Solares Bonn .....   | 7  |
| Konzeptvarianten .....  | 8  |
| Berechnungsgrundlagen: .....  | 10 |
| Erfüllungsgrad (EG).....  | 11 |
| Primärenergiefaktor (PEF).....  | 11 |
| CO <sub>2</sub> Emissionen.....   | 12 |
| Technologien .....  | 13 |
| Fernwärme .....   | 13 |
| Solare Strahlungsenergie.....   | 14 |
| Konzept 1: Fernwärme .....  | 15 |
| Konzept 2: Photovoltaik .....   | 17 |
| Empfehlung .....  | 20 |
| Hinweis.....  | 21 |

## Einleitung

### Projektvorstellung

Das Bauvorhaben „Umnutzung Poliklinik“ ist eine geplante Neubau- und Renovierungsmaßnahme der Baucon Projektmanagement GmbH auf einem Gesamtareal von 9.359,74 m<sup>2</sup> mit einem denkmalgeschützten Bestandsgebäude [1], zwei sozial geförderten Neubauten [2], einem Bestandsgebäude für die Büronutzung [3], einem KiTa & Studentenwohnheim- Bestandsgebäude [4] und einer Diamorphinpraxis [5] als Bestandsgebäude. In den drei- bis viergeschossigen Bau/- Bestandsobjekten zwischen dem Annagraben und der Wilhelmsstraße sollen insgesamt 83 Wohneinheiten **plus** 3.274 m<sup>2</sup> Studierendenapartments mit insgesamt 15.778 m<sup>2</sup> Wohnfläche entstehen. Das geplante Areal liegt in einem Wohngebiet mit drei- bis viergeschossigen Mehrfamilien-Reihenhäusern. Die Neubauten sind mit einer Tiefgarage angedacht. Im Innenhof des Areals wird ein Feuerwehruzufahrt geplant, die nur für den Fuß- und Radverkehr angedacht ist.

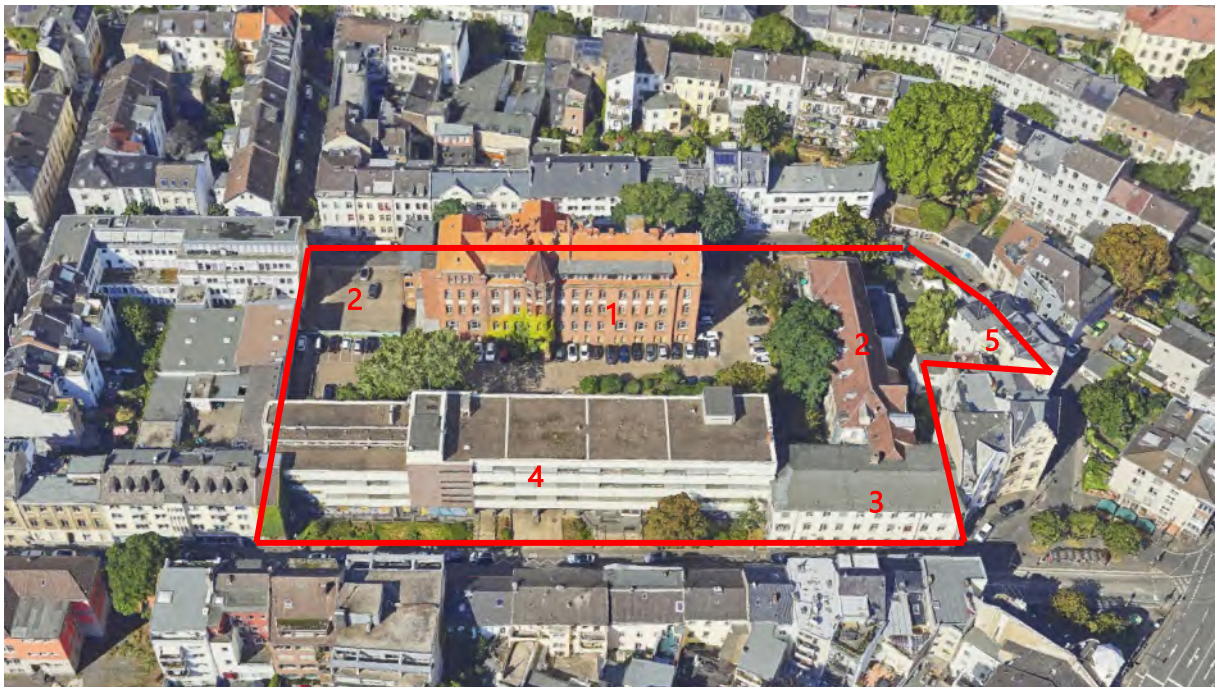


Abbildung 1: Lage des Plangebietes (Bildquelle: <https://3d.bonn.de/>)

## Grundlagen

Im Kontext des Klimaschutzes hat die Stadt Bonn eine Reihe von Maßnahmen festgelegt, die beim Neubau von Gebäuden im städtischen Bereich zu beachten sind. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Maßnahmen ist die Forderung nach einem Energiekonzept, das die Versorgungsart und Energieeffizienz der Gebäude detailliert beschreibt. Ein Energiekonzept soll verschiedene Energieversorgungsvarianten hinsichtlich ihrer energetischen und wirtschaftlichen Auswirkungen analysieren, wie im Hauptausschussbeschluss vom 14.11.1995 "Klimaoffensive der Stadt Bonn" (DS-Nr. 9500876NV2) festgelegt. In diesem Projekt wird die Fernwärmeversorgung vorrangig betrachtet, da aufgrund der Innenstadtlage weitere Technologien schwierig umzusetzen sind. Außerdem liegt ein zurückgebauter Anschluss direkt vor dem Areal, was geringe Anschlusskosten mit sich bringen würde. Die Stadt Bonn hat der exklusiven Untersuchung der Fernwärmeversorgung bereits zugestimmt. Aus diesem Grund wurde die EGM von dem Vorhabensträger UTB Beteiligungs GmbH mit der Erstellung eines Energiekonzeptes für die Wärmeversorgung mittels Fernwärme beauftragt. Darüber hinaus wird der zukünftige Ausbau der Müllverbrennungsanlage (MVA) hin zu einem zentralisierten klimaneutralen Betrieb bis 2035 als starkes Argument für die Nutzung der Fernwärme gelten. Ebenfalls verbindlich ist der Gebäudestandard, der beim Neubau auf die Einhaltung des KfW Energieeffizienzhaus Standard 40 für städtische Grundflächen abzielt.

Als Grundlage des Energiekonzepts für das Projekt "Umnutzung Poliklinik" in Bonn Mitte werden zunächst die relevanten gesetzlichen Texte in Betracht gezogen. Hierbei spielt das Gebäudeenergiegesetz (GEG) eine zentrale Rolle, da es die bautechnischen Standardanforderungen für eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung vorschreibt. Angesichts der geplanten energetischen Versorgung durch einen Fernwärmeanschluss und optional durch die Errichtung einer Photovoltaikanlage zur Erzeugung elektrischer Energie aus solarer Strahlung, sind auch die Fernwärmeverordnung (AVBFernwärmeV) sowie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zu berücksichtigen, um die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens zu beurteilen.

## Gesetzliche Rahmenbedingungen

### Gebäude Energie Gesetz (GEG)

Das GEG ist seit dem 01. November 2020 in Kraft und vereint das Energieeinspargesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

(EEWärmeG) zu einem einheitlichen Gesetz. Als zentrales Instrument der deutschen Energie- und Klimaschutzpolitik unterstützt das GEG die Bundesregierung dabei, ihre energie- und klimapolitischen Ziele unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Ziel des Gesetzes ist es, einen effizienten Energieeinsatz in Gebäuden zu fördern, den Anteil Erneuerbarer Energien (EE) in der Wärme- und Kälteversorgung zu steigern und eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen.

Wie bereits in der EnEV, wird auch im GEG die Anlagentechnik mit in die Energiebilanz eines Gebäudes einbezogen. Die Verluste bei der Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe der Wärme werden berücksichtigt, wodurch nicht mehr nur die dem Raum zur Verfügung gestellte Nutzenergie, sondern auch die an der Gebäudegrenze übergebene Endenergie relevant ist. Zudem wird der Energiebedarf auf den Einsatz von Primärenergie bewertet. Damit werden die Verluste bei der Gewinnung, Umwandlung und dem Transport des jeweiligen Energieträgers durch den Primärenergiefaktor in der Energiebilanz des Gebäudes berücksichtigt.

Der Großteil der gesetzlichen Bestimmungen bezieht sich auf Neubauten. Das GEG verfolgt hierbei das Ziel, die Umweltauswirkungen des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung von Neubauten zu begrenzen.

Zur Beurteilung dieser Auswirkungen stehen zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden zur Verfügung. Die gängige Methode konzentriert sich darauf, die zulässige Primärenergie für einen Neubau zu ermitteln. Für Bestandsgebäude sind die Regelungen aus dem GEG an die kommunale Wärmeplanung gebunden. Diese sieht Vorzugsgebiete für den Ausbau von klimafreundlichen Wärmenetzen oder geplanten Wasserstoffnetzen vor. Mit der Veröffentlichung der kommunalen Wärmeplanung werden Vorgaben an neue Heizungsanlagen verbindlich. Darunter fällt auch die Regelung zum Einsatz Erneuerbarer Energien: Jede neu eingebaute Heizung muss im Bestand ab dem Zeitpunkt der kommunalen Wärmeplanung mit mindestens 65% EE (gemessen an der gesamten Heizlast des Gebäudes) betrieben werden. In Neubaugebieten gilt diese Verpflichtung schon ab dem 1. Januar 2024. Der Nachweis, dass die neue Heizung mindestens 65% der erforderlichen Leistung aufbringen kann, erfolgt im Rahmen der Fachunternehmererklärung durch den Heizungsbauer.

Alle Standorte müssen die Vorgaben des GEG für neue Heizungen schließlich spätestens ab dem 30. Juni 2026 in Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnenden und ab dem 30. Juni 2028 in allen weiteren Gemeinden erfüllen. Mit dem Anschluss an ein Fernwärmenetz werden die Anforderungen des GEG an den Einsatz erneuerbarer Energien erfüllt. Der Wärmenetzbetreiber muss nach § 71 b GEG 2024 sicherstellen, dass sein Wärmenetz zum Zeitpunkt des Netzanschlusses die jeweils geltenden rechtlichen Anforderungen erfüllt.

Der geforderte Gebäudestandard für Neubauten nach dem GEG ist der KfW Energieeffizienzhaus Standard 55 (bezogen auf den Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung). Bereits im Koalitionsvertrag hatten die Regierungsparteien vereinbart, den Neubaustandard zum 1. Januar 2025 an den KfW Energieeffizienzhaus Standard 40 anzupassen. Mit den Vorgaben, bei Neubauten bereits heute den KfW Energieeffizienzhaus Standard 40 umzusetzen, übertrifft die Stadt Bonn die gesetzlichen Vorgaben aus dem GEG und stellt sich zukunftsicherer auf. Bei der Umnutzung der Poliklinik in Bonn Mitte sind die gesetzlichen Grundlagen des GEG, insbesondere in Bezug auf den Fernwärmeanschluss und solare Strahlungsenergie, zu beachten.

### Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz in seiner gültigen Fassung vom 21. Juli 2023 regelt die vorrangige Einspeisung sowie Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energien in Deutschland und soll die weitere Marktintegration der erneuerbaren Energien anreizen. Sein wesentliches Ziel ist die nachhaltige Veränderung der deutschen Energieversorgung durch den stetigen Ausbau regenerativer Energien. Das EEG 2023 legt eine Zielmarke von 80 % EE im Stromsektor im Jahr 2030 vor (§ 1) und liefert auf Grundlage eines prognostizierten Bruttostromverbrauchs von 580 TWh erstmals konkrete Ausbau- und Strommengenpfade (§ 4 und § 4a).

Einkünfte sind zukünftig ab 30 statt ab 10 kWp einkommens- und gewerbsteuerlich anzugeben. Derzeitige Novellierungen beinhalten vor allem:

- Fördersätze: Das EEG legt Fördersätze für verschiedene Arten erneuerbarer Energien fest, einschließlich Windenergie, Solarenergie, Biomasse und Wasserkraft. Diese Vergütungssätze sollten Investitionen in erneuerbare Energieprojekte attraktiver machen.
- Eigenverbrauch und Direktvermarktung: Das Gesetz enthält Regelungen, die es Anlagenbetreibern ermöglichen, den selbst erzeugten erneuerbaren Strom selbst zu

verbrauchen oder direkt zu vermarkten. Dies fördert die Eigenverantwortung und Flexibilität der Anlagenbetreibenden.

- Netzanschluss und -ausbau: Das EEG enthält Bestimmungen bezüglich des Netzanschlusses von erneuerbaren Energieanlagen und regelt den Ausbau des Stromnetzes, um eine reibungslose Integration erneuerbarer Energien zu gewährleisten.

Mit dem geplanten Solarpaket 1 vereinfacht die Bundesregierung die direkte Verteilung von Solarstrom in Mehrfamilienhäusern an Mietende, da der Umweg über die Einspeisung des Dachstroms in das allgemeine Stromnetz entfällt. Für die Strommenge, die nicht vom Dachstrom abgedeckt werden kann, können Mietende künftig einen günstigen Ergänzungstarif abschließen.

#### AVBFernwärmeV

Die Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme trat in ihrer aktuellen Fassung am 13. Juli 2022 in Kraft. Juristisch betrachtet fällt ein Fernwärmeversorgungsvertrag unter das Zivilrecht und dementsprechend unter das BGB. Das Fernwärmeversorgungsunternehmen hat seine allgemeinen Versorgungsbedingungen einschließlich der dazugehörenden Preisregelungen, Preislisten und Netzverluste in geeigneter Weise öffentlich bekanntzugeben. Nach allgemeiner Auffassung handelt es sich dabei um einen Kaufvertrag im Sinne von Sukzessivlieferungsverträgen. Jedoch wurde mit dem AVBFernwärmeV eine gesonderte Regelung für diese Art von Verträgen geschaffen. Diese regelt in 37 Paragraphen die Allgemeinen Versorgungsbedingungen, die in einem Versorgungsvertrag festgehalten werden, der die Fernwärmeversorgung gegenüber den Verbrauchern und dem Fernwärmeversorgungsunternehmen rechtlich absichert. Dabei werden verschiedene Aspekte behandelt. Beginnend beim Vertragsschluss über die Haftung, die technischen Anschlussbedingungen, die Abrechnungen bis hin zur Einstellung der Versorgung und fristlosen Kündigung des Vertragsverhältnisses.

## Förderung

Die Förderung effizienter Technologien zur Erzeugung von Wärme und Strom ist ein wichtiger Schwerpunkt der Politik auf Bundesebene. Im Folgenden werden die relevanten Finanzierungsmöglichkeiten seitens des Bundes, der Länder und der Kommunen vorgestellt und erläutert. Hierzu gehören einerseits Zuschüsse aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude als auch Gelder seitens der Stadt Bonn zur Förderung von Photovoltaikanlagen. Darüber hinaus werden Wärmenetze mithilfe der vom Netzbetreiber abgeholtenen KWKG-Förderung bezuschusst.

### Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG – EM)

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) markiert in Deutschland den Auftakt zur Transformation des Energieverbrauchs im Bausektor. Seit dem 1. Januar 2024 ist die Integration erneuerbarer Energien bei der Installation neuer Heizsysteme verbindlich vorgeschrieben. Dieser Schritt erfolgt stufenweise und ermöglicht die schrittweise Implementierung einer klimafreundlichen Wärmeversorgung, die mittel- bis langfristig planbar, kosteneffizient und stabil ist.

Parallel dazu wird eine neue Förderung eingeführt: Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) unterstützt seit dem 1. Januar 2024 den Austausch veralteter fossiler Heizungen durch solche auf Basis erneuerbarer Energien, indem sie einen Investitionskostenzuschuss von bis zu 70 Prozent gewährt. Zusätzlich steht ein zinsvergünstigter Ergänzungskredit zur Finanzierung dieser Maßnahmen zur Verfügung. Die Förderungsmaßnahmen und Umsetzung werden federführend von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) organisiert.

Für den Austausch von Heizsystemen sind folgende Investitionskostenzuschüsse verfügbar: Eine Grundförderung von 30% für alle Arten von Gebäuden, sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude, für sämtliche Antragstellergruppen. Bei Wärmepumpen, die Wasser, Erdreich oder Abwasser als Wärmequelle nutzen oder ein natürliches Kältemittel verwenden, wird ein zusätzlicher Effizienz-Bonus von 5% gewährt. Biomasseheizungen erhalten einen Zuschlag von 2.500 Euro, sofern sie einen Staub-Emissionsgrenzwert von 2,5 mg/m<sup>3</sup> einhalten.

- Ein Klimageschwindigkeits-Bonus von 20% bis 2028 für den frühzeitigen Austausch alter fossiler Heizungen, einschließlich Nachtspeicherheizungen und veralteter Biomasseheizungen, für selbstnutzende Eigentümer. Danach reduziert sich der Klimageschwindigkeits-Bonus alle zwei Jahre um 3%, beginnend auf 17% ab dem 1. Januar 2029.



- Ein Einkommens-Bonus von 30% für selbstnutzende Eigentümer mit einem zu versteuernden Haushaltsjahreseinkommen von bis zu 40.000 Euro.

Die Boni können kumuliert werden, jedoch nicht über einen maximalen Fördersatz von 70%. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, einen pauschalen Emissionsminderungszuschlag in Höhe von 2.500 Euro zu beantragen. Darüber hinaus bleibt eine Förderung von bis zu 20% für weitere energetische Sanierungsmaßnahmen erhalten, bestehend aus einer Grundförderung von 15% und einem potenziellen Bonus von 5% bei Vorlage eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP-Bonus).

### Förderprogramm Solares Bonn

Das größte Potential im Bereich der erneuerbaren Energien sieht die Stadt Bonn in der Solarenergie. Die Nutzung dieses Potenzials, ob am Balkon, auf dem Dach, an der Fassade oder auf der Freifläche, ist ein wichtiger Baustein, um bis 2035 Klimaneutralität zu erreichen. Das kommunale Förderprogramm *Solares Bonn* bezuschusst stadtinterne Photovoltaikanlagen mit bis zu 300 Euro pro installiertem kWp und verschiedener Zusatzboni bei extensiver Dachbegrünung oder EEG-Mieterstrommodellen. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Fördermöglichkeiten nochmal übersichtlich dargestellt.

| Fördermodul | Förderinhalt  | Förderhöhe           |
|-------------|---|----------------------|
| M1          | „Macht die Dächer voll“ – Förderung; PV auf Dächern von Wohngebäuden mit bis zu 3 WE bei Vollbelegung | 100 Euro/kWp         |
| M2          | PV auf Dächern von Wohngebäuden ab 4 WE   | 300 Euro/kWp         |
| M5          | Denkmalgerechte PV  | 200 Euro/kWp         |
| M6          | PV auf Nicht-Wohngebäuden (z.B. Bürogebäude, Gewerbehallen) im Bestand                                | 200 Euro/kWp         |
| M9          | Bonus für EEG-Mieterstrommodelle nach EEG §19, §21 Abs. 3 und EnWG §42a                               | + 10 Euro/kWp und WE |
| M10         | Bonus für kombinierte Nutzung von PV und mindestens extensiver Dachbegrünung                          | +100 Euro /kWp       |

*Tabelle 1: Tabellarische Darstellung der Fördermittel "Solares Bonn"*

## Konzeptvarianten

Im Rahmen des Energiekonzepts wird die Wärmeversorgung und die solare Stromgewinnung für das Areal der ehemaligen Poliklinik in Bonn Mitte analysiert. Die thermische Energie wird nach derzeitigem Kenntnisstand zentral in einer Hausanschlussstation erzeugt und dann mithilfe von Unterverteilungen an die fünf restlichen Gebäude übertragen. Die Heizzentrale beherbergt jeweils die Technik zur Wärmeübergabe, -bereitstellung und -verteilung. Die Auswahl der Wärmeerzeugungssysteme erfolgt unter Berücksichtigung regenerativer Energien, CO<sub>2</sub>-Einsparung, Standortfaktoren und objektspezifischer Randbedingungen. Die Bewertung basiert auf ökologischen, energetischen und wirtschaftlichen Aspekten der ausgewählten Energieträger.

Das Areal der ehemaligen Poliklinik liegt in der Bonner Innenstadt an der Grenze zur Altstadt in dichter Wohnbebauung. Bei der Planung der zukünftigen Wärmeversorgung müssen neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen das vorhandene Platzangebot und die technische Umsetzbarkeit von potentiellen Versorgungslösungen untersucht werden. Gerade im urbanen Raum spielt die Fernwärme eine zentrale Rolle, da sie eine nachhaltige sowie effiziente Wärmeversorgung im Stadttinneren ermöglicht. Das geplante Quartier liegt im Versorgungsgebiet der Bonner Fernwärme und hat einen eigenen, zurückgebauten Versorgungsschacht auf der Wilhelmsstraße. Die Verfügbarkeit der Fernwärme stellt einen entscheidenden Vorteil dar, der nicht nur eine gesamtheitliche Versorgung ermöglicht, sondern auch zuverlässige Wärmebereitstellung gewährleistet, wodurch potenzielle Ausfallrisiken im Vergleich zu anderen Systemen minimiert werden.

Ein zentraler Aspekt ist die geplante Klimaneutralität der Fernwärme, die nicht nur den ökologischen Zielen der Stadt Bonn entspricht, sondern auch im Einklang mit den Vorgaben der kommunalen Wärmeplanung steht.

Neben dem Anschluss der Gebäude an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Bonn gibt es weitere Versorgungsvarianten, über die das Areal der Poliklinik GEG 2024-konform mit Wärme versorgt werden kann:

- Monovalente Wärmepumpen (WP):

In verschiedenen Bauarten wird jeweils der gleiche Vorgang (Carnot-Prozess) zur Generierung von Wärme genutzt. Dafür wird mithilfe elektrischen Stroms die vorhandene Umweltwärme (Wasser, Boden oder Luft) ein Kältemittel verdichtet, das zuvor die Umweltwärme aufgenommen hat und nach einem Phasenwechsel von flüssig zu gasförmig an das Heizungswasser weitergibt. Hierbei wird zwischen den drei verschiedenen Energieträgern unterschieden. Zum einen gibt es Wärmepumpen, welche die Umweltwärme aus bodennahem Grundwasser entnehmen. Hierbei wird mittels einem Saug-, und einem Schluckbrunnen das Grundwasser der Wärmepumpe zu- und wieder abgeführt. Geothermiebasierte Wärmepumpen verwenden die im Erdreich vorhandene thermische Energie und machen diese über bodennahe Kollektoren oder tiefe Bohrungen nutzbar. Bei Luft-Wärmepumpen wird Umgebungsluft zur Gewinnung von Wärme verwendet.

Insbesondere für effiziente Geothermie- und Grundwasser-Wärmepumpen sind teure und weitläufige Bohrungen nötig, wofür nach überschlägiger Berechnung rund 34 Bohrungen mit einem Abstand von 8 m und 95 m Tiefe (Gesamtfläche ca.: 1.600 m<sup>2</sup>) benötigt würden. Der Nachteil einer, im Vergleich zu den zwei vorherig genannten Wärmepumpen-Typen, weniger effizienten Luft-Wärmepumpe besteht in der im Großanlagenbereich vermehrten Geräuschentwicklung, des Platzangebots für einen gut belüfteten Aufstellort und der notwendigen Zuleitungswege. Im Vergleich zur Fernwärme können monovalente Wärmepumpen nicht mit der gleichen Raumökonomie und finanziellen Effizienz aufwarten. In Anbetracht der günstigen Lage zum Fernwärmeanschlusspunkt werden diese Varianten nicht weiterverfolgt.

- Hybridsysteme:

Der Einsatz fossiler Energieträger in Hybridlösungen steht im Widerspruch zu den Klimazielen der Stadt Bonn. Die damit verbundenen Umweltauswirkungen und langfristig höheren Kosten machen Hybridsysteme weniger attraktiv im Vergleich zur umweltfreundlicheren Fernwärme.

- Andere Systeme nach §71 GEG:

Die Option zur Nutzung der anliegenden Fernwärme macht eine weitere Prüfung der Erfüllungsoptionen wie Stromdirektheizung, solarthermische Anlagen, Biomasse- und Wasserstoffnutzung überflüssig, weshalb diese nicht weiter betrachtet werden.

Im Energiekonzept liegt der Fokus daher ausschließlich auf der Wärmeversorgung mittels Fernwärme und der Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen. Es wird erwartet, dass nach Abschluss der Wärmeleitplanung Anfang 2025 eine Priorisierung der Fernwärme im inneren Stadtgebiet erfolgt, weil dort aufgrund begrenzten Platzes die Nutzung von Umweltwärme eingeschränkt ist.

Die Vorgaben des Hauptausschussbeschlusses der Stadt Bonn vom 14. November 1995 ("Klimaoffensive der Stadt Bonn"; DS-Nr. 9500876NV2) und die technischen Mindestanforderungen für den Neubau eines Gebäudes nach KfW Energieeffizienzhaus Standard 40 der KfW werden bei der thermischen Energieversorgung berücksichtigt.

Untersucht werden folgende Anlagenkonzepte:

Konzept 1: Fernwärme

Konzept 2: Solare Strahlungsenergie (Photovoltaik)

### Berechnungsgrundlagen:

Die geplanten Gebäude des gesamten Areals sollen gemäß den folgenden Angaben im KfW Energieeffizienzhaus Standard 40 mit 6.155 m<sup>2</sup>, KfW Energieeffizienzhaus Standard 100 mit 4.195 m<sup>2</sup> und Denkmal mit 2.590 m<sup>2</sup> errichtet werden. Über diese Vorgabe lassen sich sowohl der spezifische Heizwärmebedarf sowie die spezifische Heizlast ableiten. Anhand der geplanten Gebäudefläche gemäß den Planungsunterlagen der Bauleitplanung sowie den Vollbenutzungsstunden für Mehrfamilienhäusern lassen sich der Heizwärmebedarf sowie die Heizlast des Gebäudes überschlägig ermitteln. Folgende Werte werden hierfür in Tabelle 2 zugrunde gelegt. Der spezifische Wärmebedarf eines Gebäudes mit KfW Energieeffizienzhaus Standard 40 wird mit 25 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) zugrunde gelegt. Analog dazu wird der spezifische Wärmebedarf eines Gebäudes mit KfW Energieeffizienzhaus Standard 100 mit 65 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) und für ein KfW Energieeffizienzhaus Standard Denkmal mit 105 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) angenommen. Daraus ergeben sich folgende Wärmebedarfswerte für die Raumheizung und Heizleistung:

|        | Fläche                    | Vollbenutzungsstunden | Wärmebedarf   | Heizleistung |
|--------|---------------------------|-----------------------|---------------|--------------|
| Wohnen | ca. 12.940 m <sup>2</sup> | 2.000 h/a             | 698.500 kWh/a | 349 kW       |

*Tabelle 2: Eckdaten Gebäudebeheizung*

### Erfüllungsgrad (EG)

Der Erfüllungsgrad beschreibt das Verhältnis zwischen dem geforderten Einsatz von erneuerbaren Energien an der Energieerzeugung (Aktueller Stand: § 34 GEG 2020 – Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs). In seiner gültigen Fassung bis zum 31. Dezember 2023 ist § 34 Bestandteil des GEG. Nach dem 01. Januar 2024 entfällt § 34 und wird durch mehrere Anpassungen in §§ 71 – 71p ersetzt. Hier steht der Erfüllungsgrad nicht mehr im Vordergrund. Stattdessen treten verschiedene Änderungen (65%-EE-Regel, Verknüpfung an Wärmeleitplanung, Erfüllungsoptionen etc.) an dessen Stelle. Der Erfüllungsgrad aus dem GEG 2020 berechnet sich wie folgt:

$$EG_{FW} = \sum_i \frac{DA_i}{PA_i}$$

Hierbei steht  $DA_i$  für den Deckungsanteil  $PA_i$  für den Pflichtanteil. Genauere Informationen zur Berechnung der beiden Anteile können dem Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 5 entnommen werden. Ein Erfüllungsgrad von 1,0 bedeutet, dass die Anforderungen erfüllt sind. Ist der Erfüllungsgrad größer 1, so werden die Anforderungen übertroffen. Ist er kleiner, werden die gesetzlichen Vorgaben nicht eingehalten. Gebäude von Fernwärme-Besitzenden benötigen vom Versorger den nachweislich geprüften Erfüllungsgrad der Energieversorgung.

### Primärenergiefaktor (PEF)

„Die Primärenergiefaktoren decken sämtliche Aufwendungen und Verluste ab, die in Zusammenhang mit der Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Transport, Verteilung und Übergabe der Brennstoffe an die Bilanzgrenze „Gebäude“ stehen.“ (FW 309)

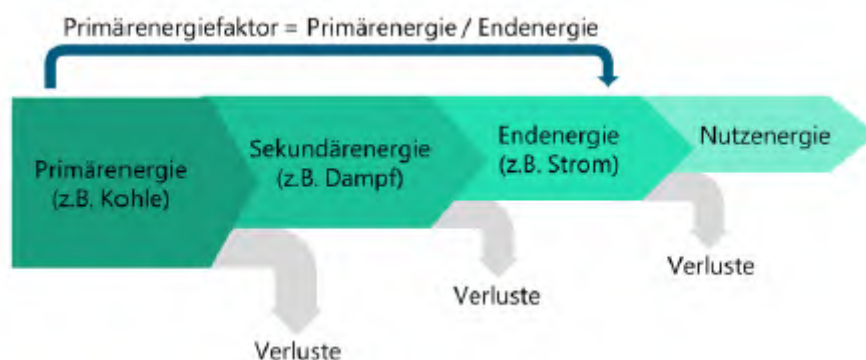


Abbildung 2: Darstellung Primärenergiefaktor (Bildquelle: Fraunhofer ISI)

Die Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden sind in den vergangenen Jahren stetig gestiegen. Dies hat sich auch in gesetzlichen Vorgaben aus dem GEG niedergeschlagen. Dieses begrenzt beispielsweise den maximal zulässigen Primärenergiebedarf " $Q_P$ " eines Gebäudes. Der Primärenergiebedarf errechnet sich aus dem Produkt des zu erwartenden jährlichen Endenergiebedarfs " $Q_E$ " für Heizung, Klimatisierung und Warmwasserbereitung und des sogenannten Primärenergiefaktors " $f_P$ ":

$$Q_P = Q_E * f_P$$

### CO<sub>2</sub> Emissionen

Das erklärte Ziel der Stadt Bonn ist es, bis spätestens 2035 klimaneutral zu sein, sowie die Energieversorgung sukzessive bis 2035 nahezu vollständig auf regenerative Energien umzustellen. Mit diesem Hintergrund spielen auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer Gebäude im Stadtgebiet eine tragende Rolle. Für die Berechnung dessen werden in diesem Energiekonzept folgende Annahmen zugrunde gelegt:

Die betrachtete Nettoraumfläche (NRF) beträgt 12.940 m<sup>2</sup>. Der geschätzte Wärmebedarf wird über die KfW Energieeffizienzhaus Standard 40, 100 und Denkmal (exklusive des dezentral erzeugten Warmwasserverbrauchs) ermittelt. Der daraus resultierende Wärmebedarf für das Areal der ehemaligen Poliklinik liegt bei 698.500 kWh/a. Über die Vollbenutzungsstunden der einzelnen Gebäudetypen (Wohnen: 2.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr) ergibt sich eine gesamte Wärmeleistung von 349 kW. Unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben wurden die Versorgungssysteme ausgelegt und ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis der eingesetzten Brennstoffe ermittelt.

## Technologien

Für die Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern stehen eine Vielzahl an Versorgungssystemen zur Verfügung, die sich in Ihrer Technologie unterscheiden. Dabei ist ihre Eignung von vielseitigen Faktoren abhängig. Neben den eingesetzten Energieträgern und damit ihren ökologischen Eigenschaften limitieren auch gesetzliche Vorgaben und Standortkriterien die Auswahl der Energieversorgungs-lösungen. Im folgenden Teil sollen die angedachten Technologievarianten Fernwärme und Solare Strahlungsenergie (PV) kurz beschrieben und hinsichtlich Ihrer Vor- und Nachteile betrachtet werden.

### Fernwärme

Das Fernwärmenetz in Bonn wird durch Nutzung des Dampfes aus MVA und über das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) einer Gas-Dampfturbine mit Wärme gespeist. Ähnlich eines Blockheizkraftwerks (BHKW) erzeugt die Gas-Dampfturbine Strom und die entstehende Abwärme wird über wärmeisolierte Rohre zum Verbraucher geleitet.

Der Dampf aus der MVA, entstehend durch die Verbrennung nicht vermeidbarer Abfälle, wird als EE eingestuft. Dementsprechend erfolgt die Fernwärmebereitstellung in Bonn zu 50,7 % aus regenerativ erzeugter Wärme. Daraus resultiert nach § 22 Absatz 3 GEG ein zertifizierter Primärenergiefaktor von 0,25. Fernwärmekunden benötigen keine Heizkessel, keinen Schornstein und auch keinen Raum für die Brennstofflagerung. Bei den Verbrauchern erfolgt die Wärmeübergabe mit Hilfe von Übergabestationen. Durch zukünftige Ausbaumaßnahmen der MVA, die eine Installation von hocheffizienter Turbinentechnik beinhaltet, soll die entstandene Abwärme bis zu 90% wirkungsvoller genutzt werden können. Diese Neuausrichtung trägt außerdem zur Sicherheit der lokalen Energieautarkie bei, da durch die modernste Technik ohne höheren Mülldurchsatz mehr Strom und Fernwärme erzeugt werden kann. Die geplante Verdopplung des Fernwärmenetzes von aktuell 125 km auf 250 km trägt dazu bei, dass innerstädtische Wärmeerzeugung zentral und klimaneutral umgesetzt werden kann.

Vorteile:

- Geringer Platzbedarf für die Wärmeübergabestation
- Umweltfreundliche und GEG konforme Heiztechnologie
- Niedrige Wartungskosten

Nachteile:

- Abhängigkeit vom zentralen Versorgungsunternehmen
- Räumliche Verfügbarkeit des Fernwärmenetzes

### Solare Strahlungsenergie

Die auf der Erde ankommende Strahlungsenergie der Sonne ist um mehr als das zehntausendfache größer als der Energiebedarf der Menschheit. Als nahezu CO<sub>2</sub>-freie Energiequelle ist die Solarstrahlung somit ein Schlüsselement der Energiewende. Die solare Strahlungsenergie kann auf zwei Weisen zur Gebäudeversorgung nutzbar gemacht werden:

1. Durch die Aufheizung von Wasser als Wärmeenergieträger mittels Solarthermie
2. Durch die Umwandlung in elektrische Energie mittels Photovoltaik (PV)

Von der ersten Möglichkeit der Wärmeenergiegewinnung wird abgesehen, da Solarthermie neben der Fernwärmenutzung und im Vergleich zur PV langsamer in einen wirtschaftlichen Betrieb übergeht und zudem nicht die Möglichkeit der Energieeinspeisung in das öffentliche Netz bietet.

### Photovoltaik (PV)

Über den photoelektrischen Effekt werden durch Sonneneinstrahlung Ladungsträger getrennt und somit elektrische Energie erzeugt. Diese kann vor Ort direkt genutzt werden (Eigenverbrauch) oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist und vergütet werden. Die Stromgestehungskosten von Photovoltaik Anlagen unterschreiten seit einigen Jahren die der fossilen Kraftwerke. Die direkte Nutzung ist daher die wirtschaftlichste Nutzungsform für Anlagen auf Gebäuden. Die Direkteinspeisevergütung (gerundet) in ct/kWh und deren Anpassung ist im EEG 2023 geregelt und abhängig von der Anlagengröße, der Einspeiseart und dem Inbetriebnahmedatum.

| Inbetriebnahme<br>ab 01.01.2023 – 31.01.2024 | bis 10 kW | bis 40 kW | bis 100 kW | bis 300 kW | Bis 750 kW |
|--|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Teileinspeisung                              | 8,6       | 7,5       | 6,2        | 6,2        | 6,2        |
| Volleinspeisung                              | 13,4      | 11,3      | 11,3       | 9,4        | 8,1        |
| Mieterstromzuschlag                          | +2,67     | +2,48     | +1,67      | +1,67      | +1,67      |

*Tabelle 3: Vergütungsgrundlage für Solaranlagen in ct/kWh*



Gerade in Mehrfamilienhäusern bietet das Mieterstrommodell eine bezuschusste Möglichkeit, die Bewohner des Hauses mit nachhaltigem und lokalem Strom zu versorgen.

Vorteile:

- Kostengünstig
- Technologie mit dem größten Potential den CO<sub>2</sub>-Austoß zu reduzieren
- Sehr gut mit anderen Technologien kombinierbar z.B. einer Wärmepumpe
- Hohe Akzeptanz in der Bevölkerung (Dachflächen werden nutzbar gemacht)

Nachteile:

- Insbesondere Flachdachflächen können nicht anderweitig für bspw. Erholungs-, Freizeitwecke oder Urban Gardening genutzt werden
- Witterungsabhängige Stromerzeugung

### Konzept 1: Fernwärme

Die Fernwärme ist eine ökologisch attraktive Lösung, da sie zum einen über einen sehr guten, nach dem GEG zertifizierten Primärenergiefaktor von  $PEF = 0,25$  verfügt und zum anderen rechnerisch keine CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist. Diese sind nach dem GEG zertifiziert und liegen rechnerisch bei 0 kg<sub>CO2</sub>/kWh. Im Vorfeld jeder Versorgungsanfrage muss sichergestellt werden, dass ausreichend Netzkapazität am Anschlusspunkt vorhanden ist.



Abbildung 3 Foto des zurückgebauten Fernwärmeanschlusspunktes der ehem. Poliklinik

Mit der Fernwärmeversorgung der ehemaligen Poliklinik in Bonn Mitte würde ein zurückgebauter Anschlusspunkt (385) kostengünstig wieder in Betrieb genommen. Hierfür müssten ca. 7 m Fernwärmefiefbauleitung bis zum Kellereingang verlegt werden, was bei den Erschließungskosten von rund 3.400 Euro netto (inkl. KWKG-Förderung bei Inbetriebnahme bis zum 31. Dezember 2029) pro Meter Fernwärmeleitung und einer Anschlussleistung von rund 350 kW einen Gesamtbetrag über 26.500 Euro netto (inkl. Förderung; exkl. Hausanschlussstation und Durchbruch und ohne weitere nachgeschaltete Verteilerkreise) ergeben würde.

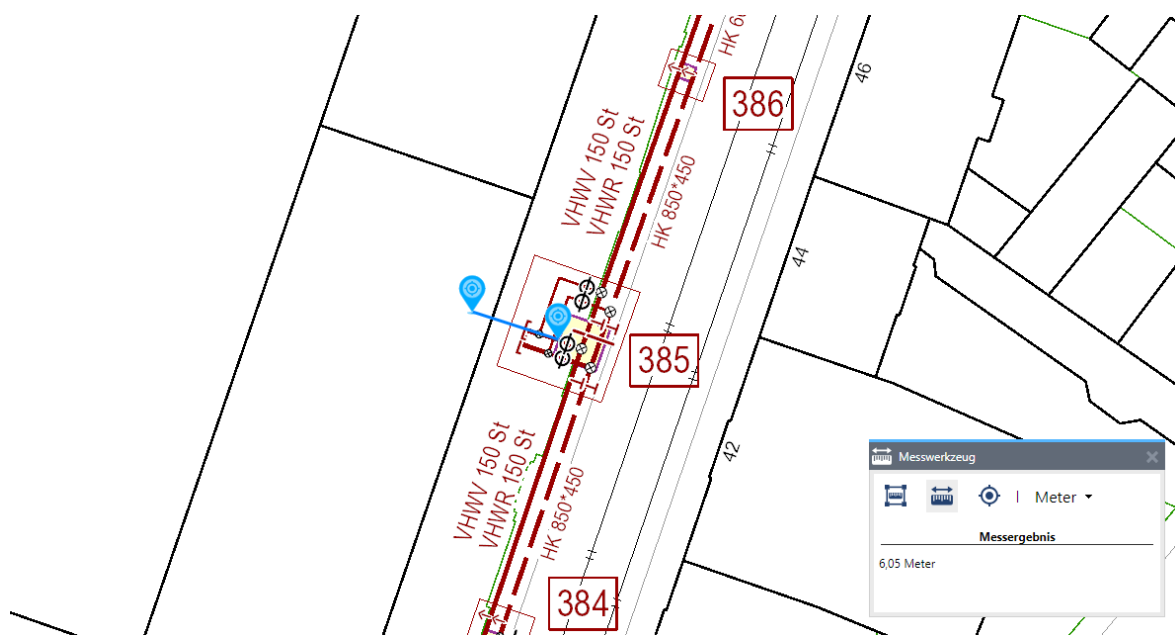


Abbildung 4 Anschlussituation Fernwärme Bonn Mitte „Umnutzung Poliklinik“

Aufgrund dieser Anschlusskosten, des bereits vorhandenen Anschlusspunktes, der vorhandenen Netzkapazität und der geringen Wartung bietet sich der Energieträger Fernwärme für eine regenerative Beheizung der Objekte an. Insbesondere mit Berücksichtigung der zukünftigen Wärmeleitplanung wird von einer Präferenz der Fernwärme im innerstädtischen Bereich ausgegangen. Der nachhaltige Effizienzausbau der MVA hin zu einer 90%-igen Wirkungsgradsteigerung, die potenziellen Netzerweiterungen mit Großwärmepumpen und zukünftige Carbon Capture and Storage (CCS)-Technologie unterstreichen dieses Vorhaben im beengten urbanen Raum zusätzlich. Bereits zum heutigen Zeitpunkt kann die Bonner Fernwärme einen nachweislich hohen Erfüllungsgrad von 1,77 aufweisen, was bedeutet, dass die Vorgaben des GEG übertroffen werden.

Aus den genannten Gründen wird die Nutzung der Fernwärme für die Wärmeversorgung des Areals der ehemaligen Poliklinik empfohlen.

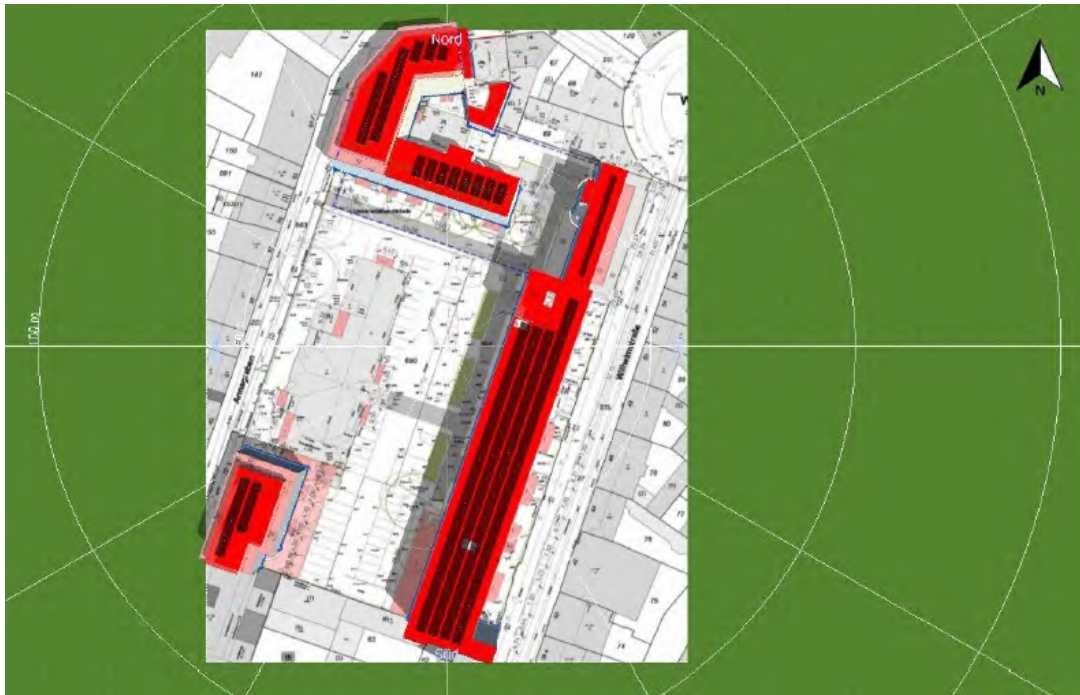
| Variante Fernwärme           | Werte                    |
|------------------------------|--------------------------|
| Anschlussleistung            | 349 kW                   |
| PEF                          | 0,25                     |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen* | 0 kg <sub>CO2</sub> /kWh |
| EG                           | 1,77                     |
| Geschätzte Anschlusskosten** | 26.500 Euro              |

\*rechnerisch; \*\*Kostenvoranschlag (BonnNetz) zum derzeitigen Zeitpunkt unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen

*Tabelle 4: Eckdaten Fernwärme*

## Konzept 2: Photovoltaik

Die Stadt Bonn sieht in der Nutzung von Solarenergie das größte Potential, die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich zu reduzieren. Sie schreibt mit dem Ratsbeschluss vom September 2021 den verbindlichen Einsatz von Photovoltaik für alle Vorhaben vor, bei denen die Stadt städtebauliche Verträge mit Investoren und Eigentümern abschließt. Neben der Verwendung als direkten Mieterstrom kann die vorhandene Flachdachfläche als Grünfläche unterhalb der PV-Module genutzt werden. Insgesamt kann so bei einem Abstand von 2 m zum Rand des Daches auf 1.004 m<sup>2</sup> Fläche eine Generatorleistung von rund 210 kWp mit einem Eigenverbrauchsanteil von 53,7% und einem Autarkiegrad von 28,3% erzeugt werden. Die Nutzung der Dachflächen ohne extensive Begrünung wird nicht empfohlen, da der hierdurch gewonnene Platz mit einer einhergehenden Steigerung der Anlagenleistung auf etwa 227 kWp nicht mit den Vorzügen einer Dachbegrünung aufgewogen werden kann. Hierbei wird dem ökologischen Faktor von Grünflächen als Insektennahrung, Hitzeschutz und Starkregenfänger ein höherer städtischer Nutzen zugeschrieben als der Leistungssteigerung um 8%.



*Abbildung 5 Übersichtsbild, 3D Planung mit PV\*SOL premium 2023*

Insgesamt können mit der PV-Anlage pro Jahr etwa 199.000 kWh erneuerbarer Sonnenstrom erzeugt werden. Die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen belaufen sich auf etwa 79.500 kg/a und die geschätzten Kosten der betrachteten Installation auf ca. 292.000 Euro. Dies stellt eine vorläufige Ermittlung der PV-Flächen dar. Eine Anpassung aufgrund von notwendigen Dachaufbauten, Überfahrten und anderen räumlichen Ausprägungen erfolgt im weiteren Planungsverlauf.

Der erzeugte Strom kann entweder direkt im Gebäude verbraucht (Mieterstrom mit Überschusseinspeisung) oder vollständig ins Stromnetz eingespeist werden. Auf Basis der Nettoraumfläche von 12.940 m<sup>2</sup> und unter Annahme eines Stromverbrauchs von 1.500 kWh/(Person\*a) und ca. 50 m<sup>2</sup>/Person ergibt sich ein geschätzter Gesamtstromverbrauch des Areals von insgesamt 377.250 kWh.

Die Vermarktungsform des Mieterstroms stellt sowohl für den Eigentümer als auch für den Mieter einen direkten Mehrwert dar: der Eigentümer erzielt für einen Teil seines PV-Stroms eine deutlich höhere Vergütung im Vergleich zur Volleinspeisung und die Mieter profitieren von einem lokalen, regenerativen und vergünstigten Stromtarif. Darüber hinaus wird das Stromnetz entlastet, da nicht der gesamte PV-Strom eingespeist und weniger Strom aus dem Netz bezogen wird. Für eine wirtschaftliche Betrachtung müssen neben den Investitionskosten

auch die Betriebskosten für Wartung und Instandhaltung sowie für die Direktvermarktung mitberücksichtigt werden. Anfallende Kosten für die Umsetzung des Messkonzeptes sind in der Betrachtung nicht enthalten, da sich mit der gemeinschaftlichen Gebäudeversorgung nach dem Solarpaket 1 der Bundesregierung bürokratische Vereinfachungen, auch hinsichtlich des Messkonzeptes, ergeben werden.

| Variante PV Mieterstrom                     | Werte                      |
|---|----------------------------|
| Generatorleistung                           | 210 kWp                    |
| Jahresertrag                                | 199.000 kWh/a              |
| Eigenverbrauch PV-Strom                     | 107.000 kWh/a              |
| Investitionskosten                          | 292.000 Euro               |
| Betriebskosten (ca. 1,5 % pro Jahr)         | 4.380 Euro/a               |
| Mieterstrom                                 | 22,0 ct/kWh; 21.400 Euro/a |
| Direktvermarktete Teileinspeisungsvergütung | 8,3 ct/kWh; 7.630 Euro/a   |
| Summe jährlicher Ertrag                     | 29.030 Euro/a              |
| erwartete Amortisation                      | 11,9 a                     |

Tabelle 5: Variante PV Mieterstrom

| Variante PV Volleinspeisung                 | Werte                       |
|---|-----------------------------|
| Generatorleistung                           | 210 kWp                     |
| Jahresertrag                                | 199.000 kWh/a               |
| Investitionskosten                          | 292.000 Euro                |
| Betriebskosten (ca. 1,5 % pro Jahr)         | 4.380 Euro/a                |
| Direktvermarktete Volleinspeisungsvergütung | 10,37 ct/kWh; 20.600 Euro/a |
| Amortisation                                | 18,0 a                      |

Tabelle 6: Variante PV Volleinspeisung

Bei der Volleinspeisung wird der gesamte Jahresertrag zu einer festen Einspeisevergütung aus dem EEG in das Stromnetz eingespeist. Bei dem Vergleich beider Varianten zeigt sich der Vorteil des Mieterstrommodells. Neben der Entlastung des Stromnetzes profitieren sowohl der Eigentümer als auch die Mieter wirtschaftlich von dieser Vermarktungsform. In Anbetracht dessen wird für die spätere Nutzung des PV-Stroms das Mieterstrommodell empfohlen.

Für die Detailplanung zum Mieterstrommodell ist es ratsam, bereits früh einen den lokalen Energieversorger in die Planung mit einzubinden.

## Empfehlung

### Fernwärme mit PV-Unterstützung zur direkten Stromnutzung und Teileispeisung

Der Einsatz von Fernwärme in Kombination mit einer Solaranlage ist die präferierte Variante. Diese Wärme- und Stromversorgungsvariante ist dabei die kostengünstigste, wartungsärmste und technisch risikoärmste Option. Die gebäudebezogene Gewinnung von elektrischer Energie unterstützt die eigenständige und erneuerbare Stromversorgung der Bewohnenden. Trotz niedriger Einspeisevergütungen sind Photovoltaikanlagen aufgrund anderer Vermarktungsvarianten weiterhin attraktiv. Die Investitionskosten sind in den letzten Jahren deutlich gesunken und durch die Kombination mit einem Speichersystem lässt sich der Eigenverbrauch noch deutlich steigern.

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Rechnerische CO <sub>2</sub> -Emission Fernwärme:      | 0 kg <sub>CO2</sub> /a      |
| Rechnerische CO <sub>2</sub> -Einsparung Photovoltaik: | 79.500 kg <sub>CO2</sub> /a |

## Hinweis

Dieses Konzept wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Auftraggebers. Um den Erfolg zu sichern, sollten eine sorgfältige fachliche Planung vor der Durchführung sowie eine Überwachung während der Durchführung erfolgen.

Dieses Energiekonzept beinhaltet keinerlei finalen Planungsleistungen, insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlung, Ausführungsplanung oder Bauphysik. Die genauen Baukosten müssen durch Vergleichsangebote ermittelt werden. Die Annahmen zu Baukonstruktion, Anlagentechnik und Heizungsraumlokation sind bei Durchführung der Maßnahmen vor Ort zu prüfen.

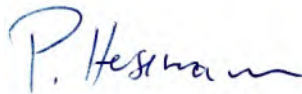
Bonn den 19.07.2024,

i.V.



Dennis Paschwitz

i.A.



Peter Husemann

## Ansprechpartner

Dennis Paschwitz: dennis.paschwitz@stadtwerke-bonn.de

0228 / 711 - 2520

Peter Husemann: peter.husemann@stadtwerke-bonn.de

0228 / 711 - 2576

### Anhangsverzeichnis

**Anhang 1:** Bescheinigung PEF & CO<sub>2</sub>-Faktor Fernwärme

**Anhang 2:** Bescheinigung Erfüllungsgrad Fernwärme

**Anhang 3:** Konzept Photovoltaik

# BESCHEINIGUNG

über die energetische Bewertung nach FW 309 Teile 1 & 7 für  
das Fernwärmenetz der Energie- und Wasserversorgung  
Bonn/Rhein-Sieg GmbH in Bonn



Der geprüfte  $f_p$ -Gutachter FW 609 bescheinigt im Auftrag der



**Energie- und Wasserversorgung Bonn/Rhein-Sieg GmbH**  
Postfach 2509  
53015 Bonn

dem Fernwärmeversorgungssystem der SWB Energie und Wasser die  
folgenden Kennzahlen:

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b><math>f_p</math> nach § 22 Absatz 2, GEG 2020</b><br>(berechnet nach FW 309-1:2014)           | <b>0,00</b>                         |
| <b><math>f_p</math> nach § 22 Absatz 3, GEG 2020</b><br>(nach Kappung und EE-Bonus)              | <b>0,25</b> (nach GEG zu verwenden) |
| <b><math>f_{CO_2eq.}</math> nach Anlage 9 Nr. 1c, GEG 2020</b><br>(berechnet nach FW 309-1:2021) | <b>0 g/kWh</b>                      |

In Kraft-Wärme-Kopplung wurde im Zeitraum 2014 bis 2016

**87,37 % Fernwärme und 63,62 % Strom**

erzeugt.

Die Fernwärmebereitstellung erfolgt zu

**50,7 %**

aus regenerativ erzeugter Wärme/Abwärme.

Erstmals ausgestellt am: 31.07.2018  
Neu ausgestellt am: 04.05.2021  
(nach FW 309-7:2021 Abschnitt 6)

Die Bescheinigung ist gültig bis: 31.12.2026

Vetschau, 04.05.2021

  
\_\_\_\_\_  
Michael Markwardt  
Geprüfter  $f_p$ -Gutachter FW 609



# BESCHEINIGUNG

über die energetische Bewertung nach FW 309 Teile 5 & 7 für das Fernwärmenetz der Energie- und Wasserversorgung Bonn/Rhein-Sieg GmbH in Bonn



Der geprüfte  $f_p$ -Gutachter FW 609 bescheinigt im Auftrag der



**Energie- und Wasserversorgung Bonn/Rhein-Sieg GmbH**  
Postfach 2509  
53015 Bonn

dem Fernwärmeversorgungssystem der SWB Energie und Wasser die folgende Kennzahl:

|   |       |         | Deckungs-<br>anteil DA | Pflicht-<br>anteil PA | Erfüllungs-<br>grad |
|---|-------|---------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| Anteil Kraft-Wärme-Kopplung                         | [MWh] | 420.539 |                        |                       |                     |
| hiervon aus fossilen Brennstoffen                   | [MWh] |         |                        |                       |                     |
| hiervon aus Erdgas                                  | [MWh] | 257.994 | 50%                    | 50%                   | 100%                |
| hiervon aus Abwärme                                 | [MWh] | 162.545 | 31%                    | 50%                   | 63%                 |
| Anteil TG4  | [MWh] | 38.571  |                        |                       |                     |
| hiervon aus Abwärme                                 | [MWh] | 38.571  | 7%                     | 50%                   | 15%                 |
| Anteil Heißwassererzeuger                           | [MWh] | 59.025  |                        |                       |                     |
| aus Erdgas  | [MWh] | 58.279  | 11%                    |                       |                     |
| aus Heizöl  | [MWh] | 746     | 0%                     |                       |                     |
| insg. aus erneuerbaren Energien                     | [MWh] | 0       | 0                      |                       |                     |
| insg. aus Abwärme                                   | [MWh] | 201.116 | 39%                    |                       |                     |
| <b>Erfüllungsgrad der Fernwärme EG<sub>FW</sub></b> |       |         |                        |                       | <b>177%</b>         |

Die Anforderungen des §44, GEG 2020 an die Fernwärme sind erfüllt.

Datenbasis:

Durchschnittliche Werte der Daten aus 2019-2021

Ausstellungsdatum:

21.08.2022

Die Bescheinigung ist gültig bis:

20.08.2032

Vetschau, 21.08.2022

Michael Markwardt  
Geprüfter  $f_p$ -Gutachter FW 609

**Stadtwerke Bonn**  
Hatschiergasse 2-4  
53111 Bonn  
Deutschland

**Ansprechpartner/in:**  
Benedikt Hesse  
E-Mail: ext\_benedikt.hesse@stadtwerke-bonn.de

**Projekttitle:** Poliklinik Bonn

06.12.2023

## Ihre PV-Anlage von Stadtwerke Bonn

Adresse der Anlage

---

Wilhelmstraße  
53111 Bonn

---



# Projektübersicht

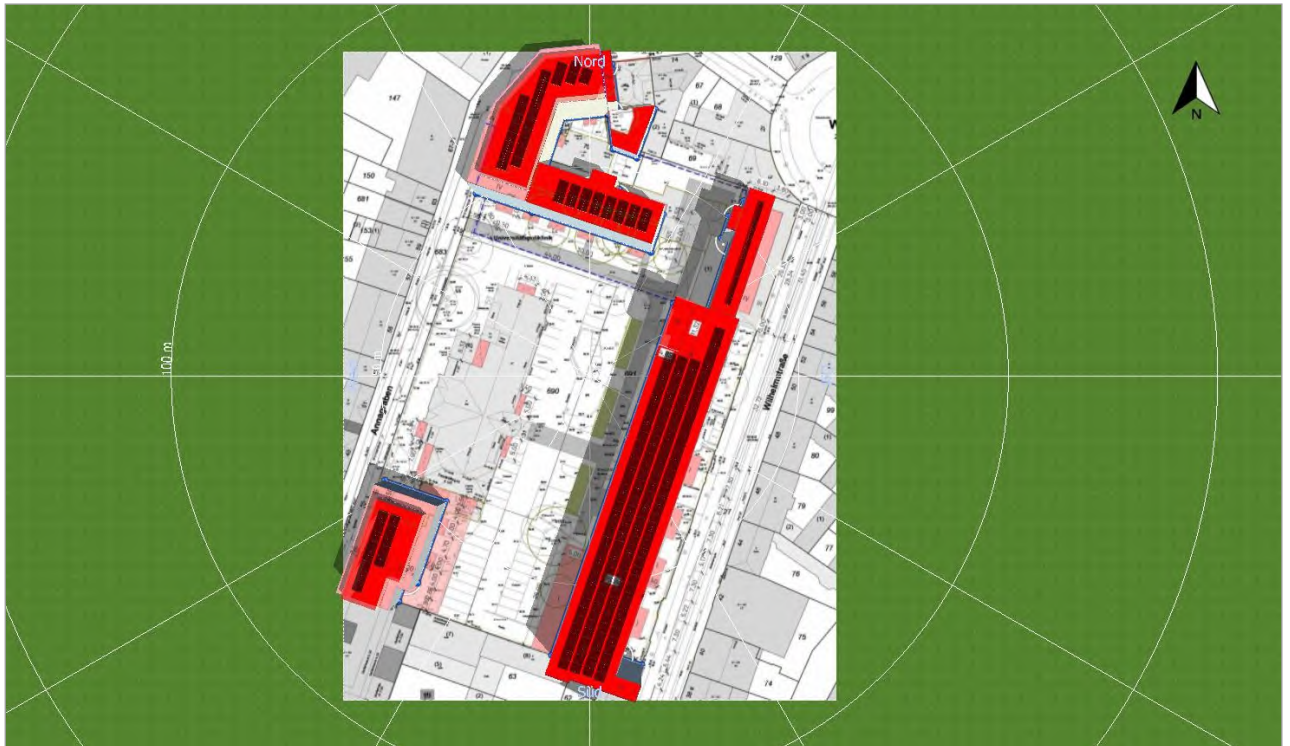


Abbildung: Übersichtsbild, 3D-Planung

## PV-Anlage

### 3D, Netzkoppelte PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern

| Klimadaten            | Bonn, DEU (1996 - 2015) |
|-----------------------|-------------------------|
| Quelle der Werte      | Meteonorm 8.1(i)        |
| PV-Generatorleistung  | 210,74 kWp              |
| PV-Generatorfläche    | 1.003,7 m <sup>2</sup>  |
| Anzahl PV-Module      | 514                     |
| Anzahl Wechselrichter | 7                       |

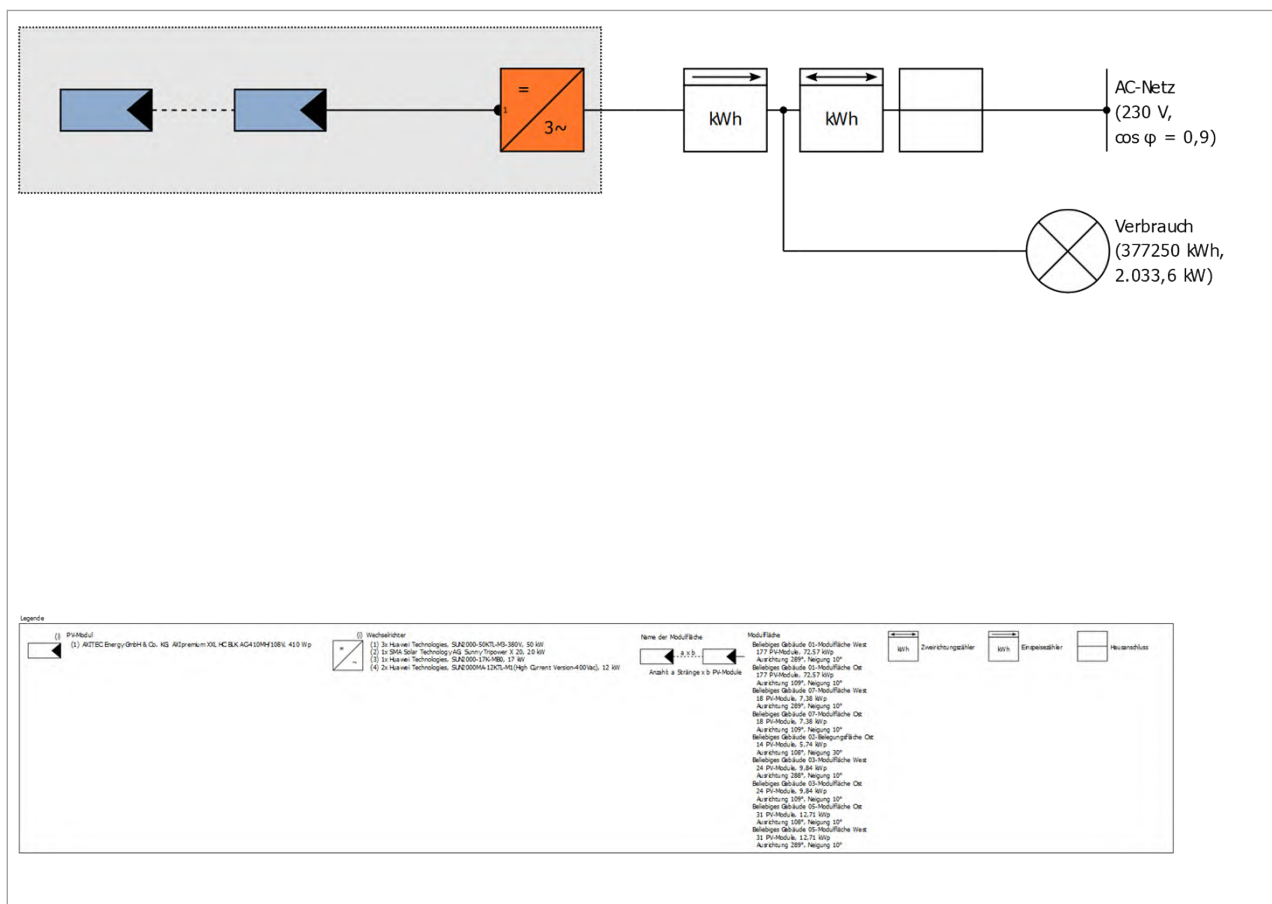


Abbildung: Schaltschema

## Ertragsprognose

### Ertragsprognose

|  |                  |
|--|------------------|
| PV-Generatorleistung                   | 210,74 kWp       |
| Spez. Jahresertrag                     | 942,56 kWh/kWp   |
| Anlagennutzungsgrad (PR)               | 92,21 %          |
| Ertragsminderung durch Abschattung     | 1,0 %            |
| PV-Generatorenergie (AC-Netz)          | 198.822 kWh/Jahr |
| Eigenverbrauch                         | 106.912 kWh/Jahr |
| Abregelung am Einspeisepunkt           | 16 kWh/Jahr      |
| Netzeinspeisung                        | 91.894 kWh/Jahr  |
| Eigenverbrauchsanteil                  | 53,7 %           |
| Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen | 79.448 kg/Jahr   |
| Autarkiegrad                           | 28,3 %           |

# Aufbau der Anlage

## Überblick

### Anlagendaten

|            |  |
|------------|--|
| Anlagenart | 3D, Netzgekoppelte PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern |
|------------|--|

### Klimadaten

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Standort                               | Bonn, DEU (1996 - 2015) |
| Quelle der Werte                       | Meteonorm 8.1(i)        |
| Auflösung der Daten                    | 1 h                     |
| Verwendete Simulationsmodelle:         |                         |
| - Diffusstrahlung auf die Horizontale  | Hofmann                 |
| - Einstrahlung auf die geneigte Fläche | Hay & Davies            |

### Verbrauch

|  |            |
|--|------------|
| Gesamtverbrauch  | 377250 kWh |
| Haushalt, jahreszeitlicher Verlauf vergleichbar mit Standardlastprofil | 377250 kWh |
| Spitzenlast  | 2033,6 kW  |

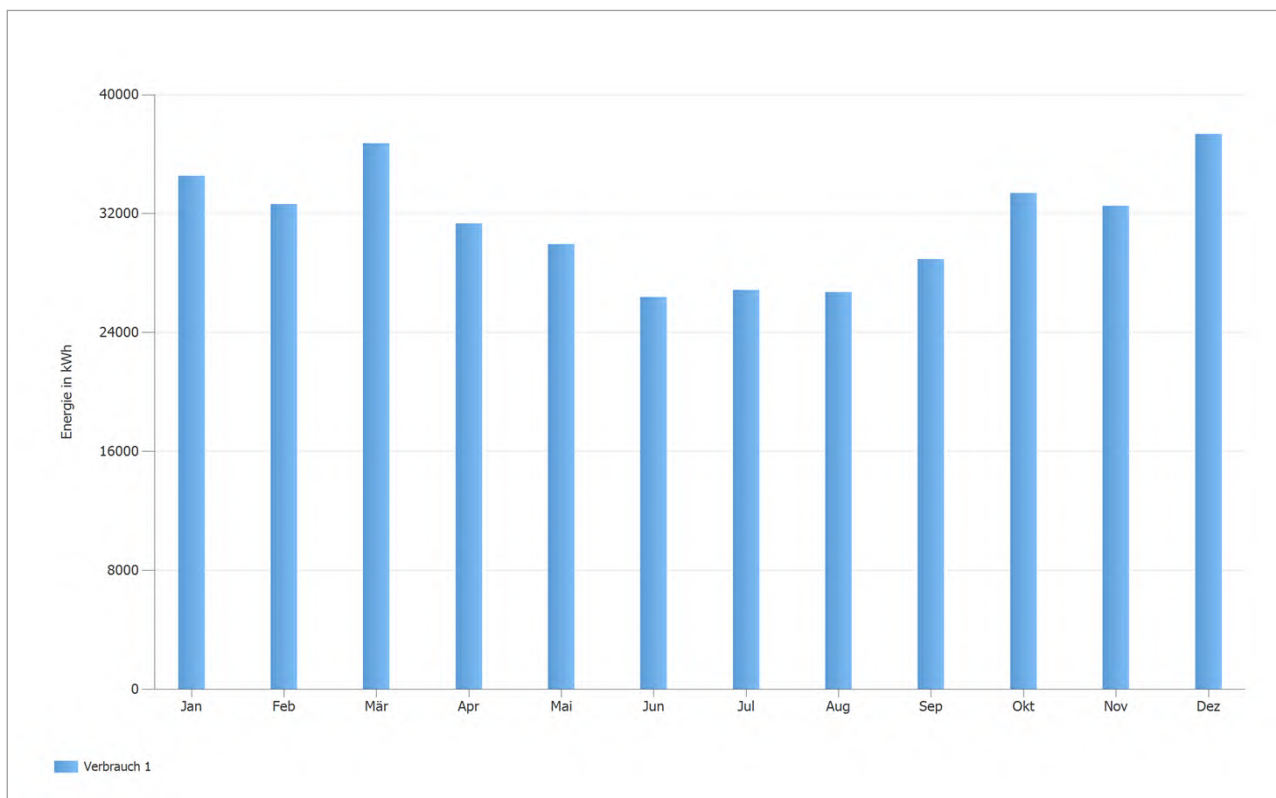


Abbildung: Verbrauch

# Modulflächen

## 1. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche West

### PV-Generator, 1. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche West

|                    |  |
|--------------------|--|
| Name               | Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche West         |
| PV-Module          | 177 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                    |
| Neigung            | 10 °   |
| Ausrichtung        | Westen 289 °                                   |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                           |
| PV-Generatorfläche | 345,6 m <sup>2</sup>                           |



Abbildung: 1. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche West

## 2. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche Ost

### PV-Generator, 2. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche Ost

|                    |  |
|--------------------|--|
| Name               | Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche Ost          |
| PV-Module          | 177 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                    |
| Neigung            | 10 °   |
| Ausrichtung        | Osten 109 °                                    |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                           |
| PV-Generatorfläche | 345,6 m <sup>2</sup>                           |

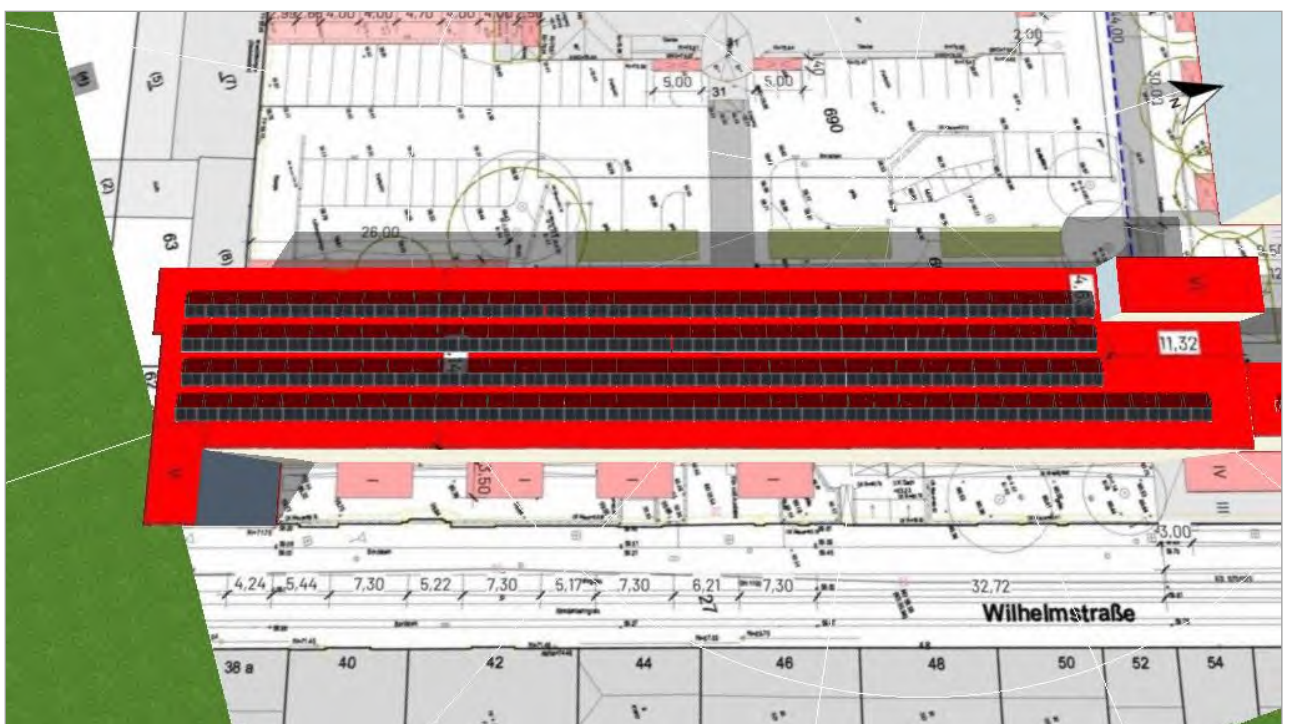


Abbildung: 2. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche Ost

### 3. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche West

#### PV-Generator, 3. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche West

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche West        |
| PV-Module          | 18 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 10 °  |
| Ausrichtung        | Westen 289 °                                  |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 35,1 m <sup>2</sup>                           |

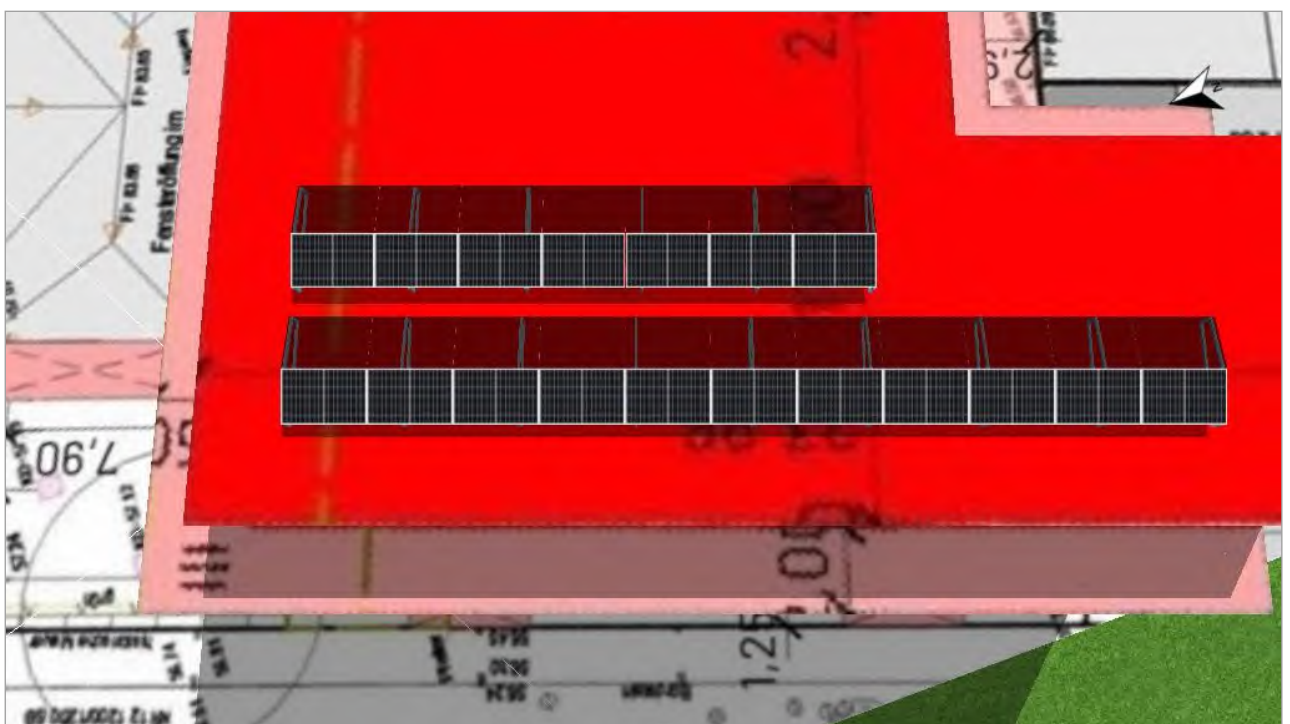


Abbildung: 3. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche West



#### 4. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche Ost

##### PV-Generator, 4. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche Ost

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche Ost         |
| PV-Module          | 18 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 10 °  |
| Ausrichtung        | Osten 109 °                                   |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 35,1 m <sup>2</sup>                           |



Abbildung: 4. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche Ost

## 5. Modulfläche - Beliebige Gebäude 02-Belegungsfläche Ost

### PV-Generator, 5. Modulfläche - Beliebige Gebäude 02-Belegungsfläche Ost

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebige Gebäude 02-Belegungsfläche Ost      |
| PV-Module          | 14 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 30 °  |
| Ausrichtung        | Osten 108 °                                   |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 27,3 m <sup>2</sup>                           |

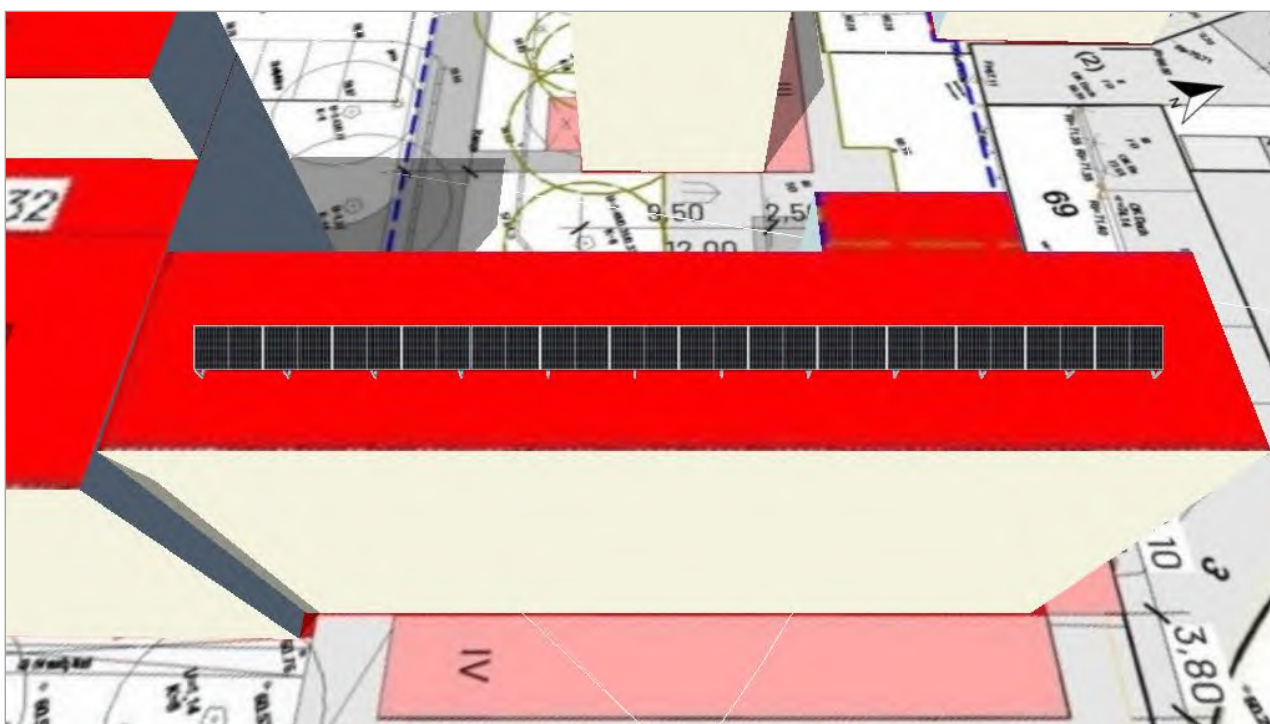


Abbildung: 5. Modulfläche - Beliebige Gebäude 02-Belegungsfläche Ost

## 6. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche West

### PV-Generator, 6. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche West

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche West        |
| PV-Module          | 24 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 10 °  |
| Ausrichtung        | Westen 288 °                                  |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 46,9 m <sup>2</sup>                           |

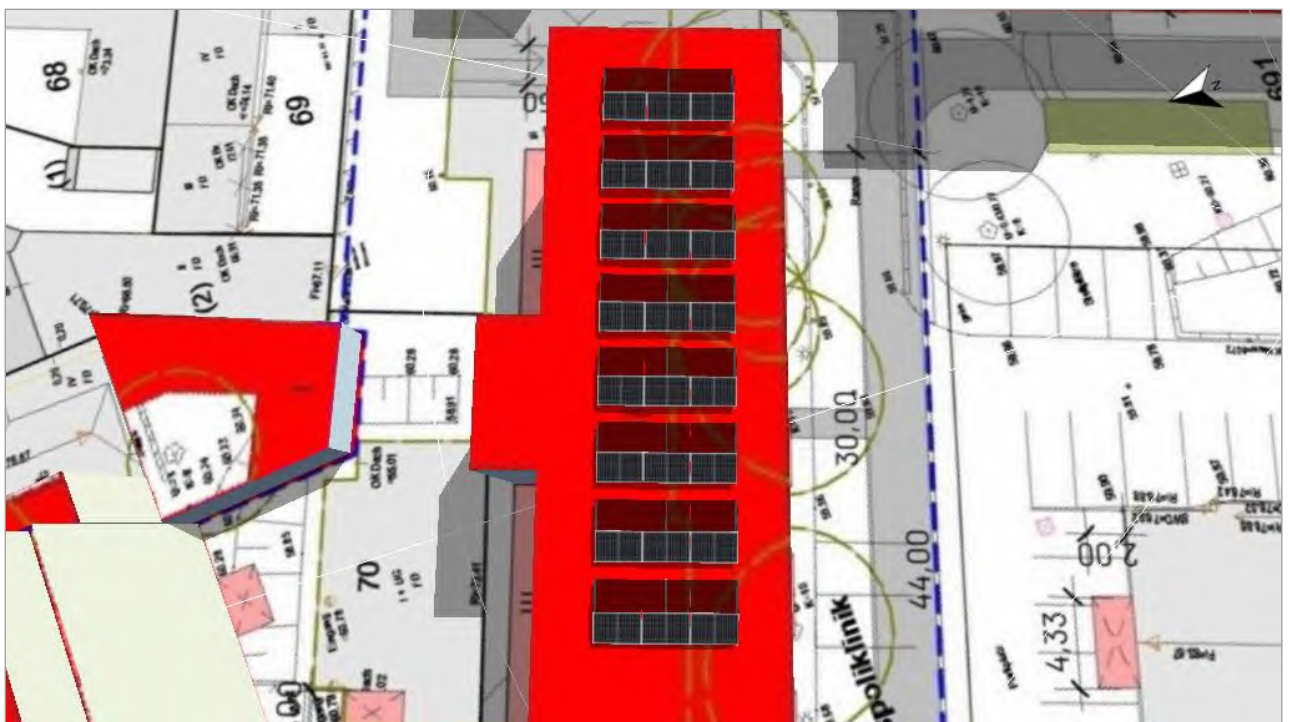


Abbildung: 6. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche West

## 7. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche Ost

### PV-Generator, 7. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche Ost

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche Ost         |
| PV-Module          | 24 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 10 °  |
| Ausrichtung        | Osten 109 °                                   |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 46,9 m <sup>2</sup>                           |

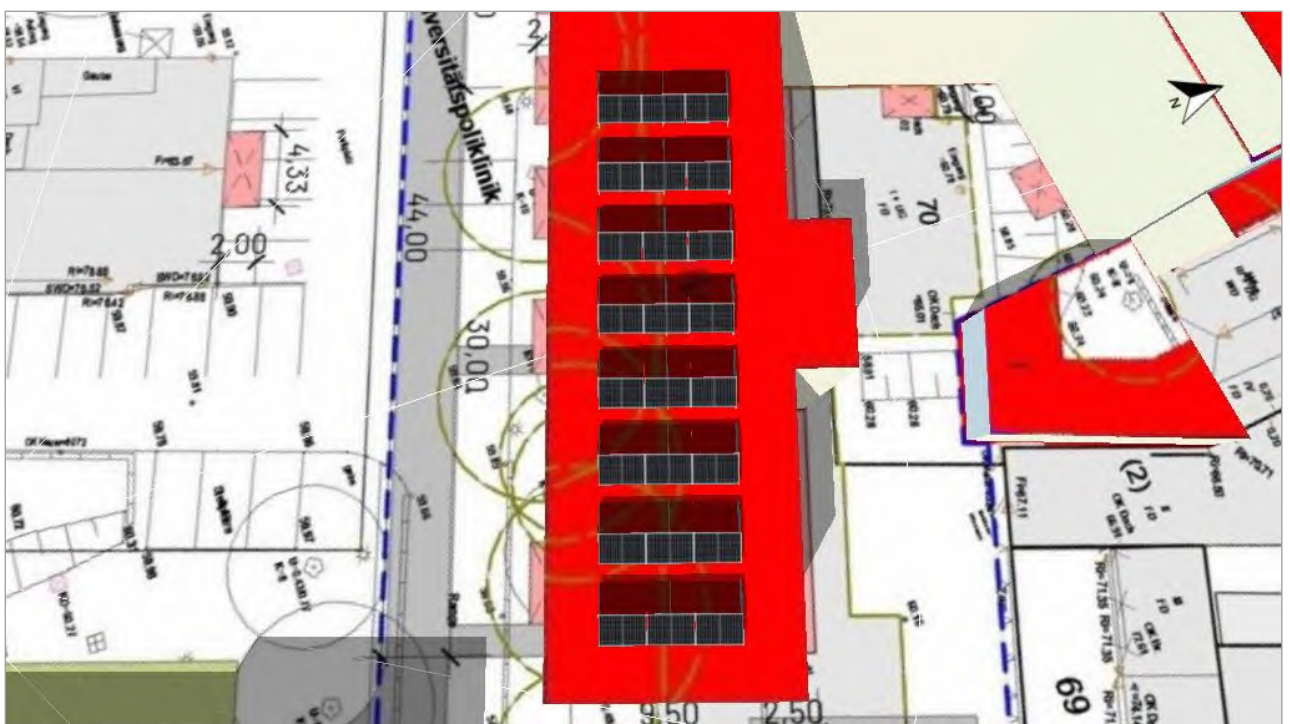


Abbildung: 7. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche Ost

## 8. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche Ost

### PV-Generator, 8. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche Ost

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche Ost         |
| PV-Module          | 31 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 10 °  |
| Ausrichtung        | Osten 108 °                                   |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 60,5 m <sup>2</sup>                           |



Abbildung: 8. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche Ost

## 9. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche West

### PV-Generator, 9. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche West

|                    |   |
|--------------------|---|
| Name               | Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche West        |
| PV-Module          | 31 x AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V (v2) |
| Hersteller         | AXITEC Energy GmbH & Co. KG                   |
| Neigung            | 10 °  |
| Ausrichtung        | Westen 289 °                                  |
| Einbausituation    | Aufgeständert - Dach                          |
| PV-Generatorfläche | 60,5 m <sup>2</sup>                           |

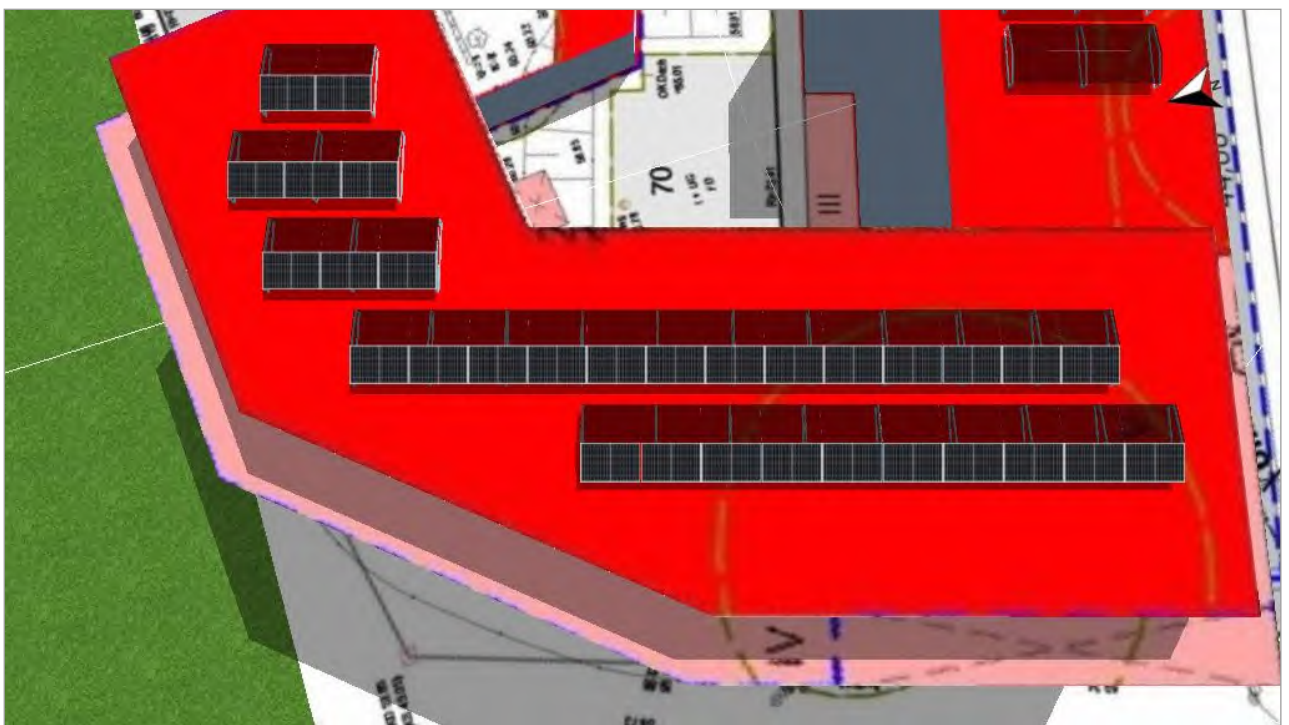


Abbildung: 9. Modulfläche - Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche West

## Horizontlinie, 3D-Planung

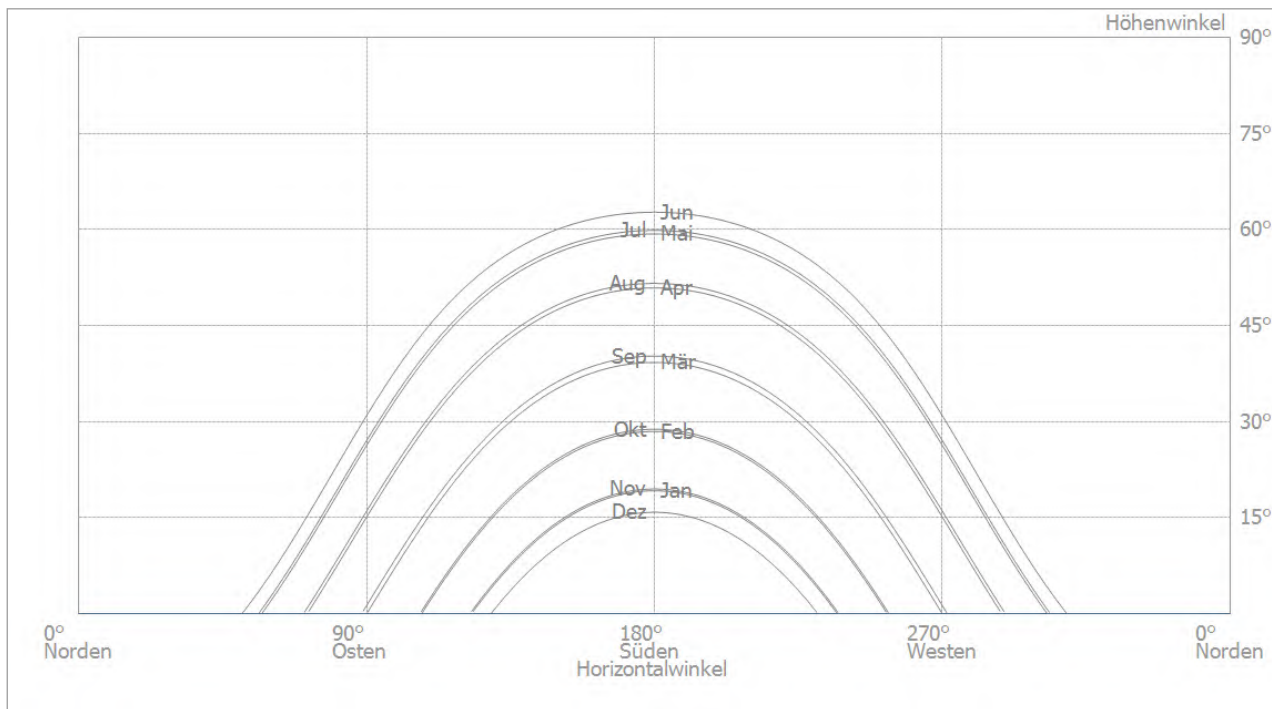


Abbildung: Horizont (3D-Planung)

## Wechselrichterverschaltung

### Verschaltung 1

|                        |  |
|------------------------|--|
| Modulflächen           | Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche West + Beliebiges Gebäude 01-Modulfläche Ost |
| Wechselrichter 1       |  |
| Modell                 | SUN2000-50KTL-M3-380V (v2)   |
| Hersteller             | Huawei Technologies  |
| Anzahl                 | 3  |
| Dimensionierungsfaktor | 97,7 %   |
| Verschaltung           | MPP 1: 2 x 19  |
|                        | MPP 2: 1 x 21  |
|                        | MPP 3: 2 x 18  |
|                        | MPP 4: 1 x 23  |

### Verschaltung 2

|                        |  |
|------------------------|--|
| Modulflächen           | Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche West + Beliebiges Gebäude 07-Modulfläche Ost + Beliebiges Gebäude 02-Belegungsfläche Ost |
| Wechselrichter 1       |  |
| Modell                 | Sunny Tripower X 20 (v3)   |
| Hersteller             | SMA Solar Technology AG  |
| Anzahl                 | 1  |
| Dimensionierungsfaktor | 113,9 %  |
| Verschaltung           | MPP 1: 1 x 18  |
|                        | MPP 2: 1 x 18  |
|                        | MPP 3: 1 x 14  |

Stadtwerke Bonn

Verschaltung 3

|                        |  |
|------------------------|--|
| Modulflächen           | Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche West + Beliebiges Gebäude 03-Modulfläche Ost |
| Wechselrichter 1       |  |
| Modell                 | SUN2000-17K-MB0 (v1)   |
| Hersteller             | Huawei Technologies  |
| Anzahl                 | 1  |
| Dimensionierungsfaktor | 116,9 %  |
| Verschaltung           | MPP 1: 1 x 24<br>MPP 2: 1 x 24   |

Verschaltung 4

|                        |  |
|------------------------|--|
| Modulflächen           | Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche Ost + Beliebiges Gebäude 05-Modulfläche West |
| Wechselrichter 1       |  |
| Modell                 | SUN2000MA-12KTL-M1(High Current Version-400Vac) (v1)                           |
| Hersteller             | Huawei Technologies  |
| Anzahl                 | 1  |
| Dimensionierungsfaktor | 117,7 %  |
| Verschaltung           | MPP 1: 1 x 16<br>MPP 2: 1 x 15   |
| Wechselrichter 2       |  |
| Modell                 | SUN2000MA-12KTL-M1(High Current Version-400Vac) (v1)                           |
| Hersteller             | Huawei Technologies  |
| Anzahl                 | 1  |
| Dimensionierungsfaktor | 117,7 %  |
| Verschaltung           | MPP 1: 1 x 16<br>MPP 2: 1 x 15   |

AC-Netz

AC-Netz

|   |         |
|---|---------|
| Anzahl Phasen   | 3       |
| Netzspannung zwischen Phase und Nullleiter                  | 230 V   |
| Verschiebungsfaktor (cos phi)                               | +/- 0,9 |
| Begrenzung der Einspeiseleistung in Prozent der DC-Leistung | 70 %    |



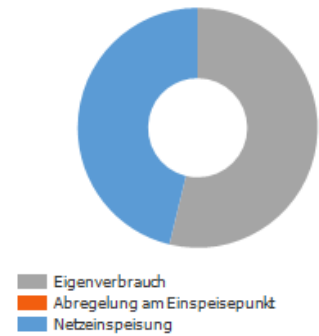
# Simulationsergebnisse

## Ergebnisse Gesamtanlage

### PV-Anlage

|  |                  |
|--|------------------|
| PV-Generatorleistung                   | 210,74 kWp       |
| Spez. Jahresertrag                     | 942,56 kWh/kWp   |
| Anlagennutzungsgrad (PR)               | 92,21 %          |
| Ertragsminderung durch Abschattung     | 1,0 %            |
| PV-Generatorenergie (AC-Netz)          | 198.822 kWh/Jahr |
| Eigenverbrauch                         | 106.912 kWh/Jahr |
| Abregelung am Einspeisepunkt           | 16 kWh/Jahr      |
| Netzeinspeisung                        | 91.894 kWh/Jahr  |
| Eigenverbrauchsanteil                  | 53,7 %           |
| Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen | 79.448 kg/Jahr   |

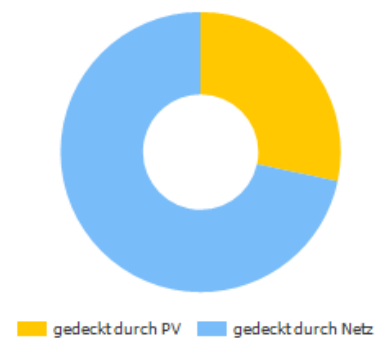
PV-Generatorenergie (AC-Netz)



### Verbraucher

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Verbraucher                        | 377.250 kWh/Jahr |
| Standby-Verbrauch (Wechselrichter) | 186 kWh/Jahr     |
| Gesamtverbrauch                    | 377.436 kWh/Jahr |
| gedeckt durch PV                   | 106.912 kWh/Jahr |
| gedeckt durch Netz                 | 270.524 kWh/Jahr |
| Solarer Deckungsanteil             | 28,3 %           |

Gesamtverbrauch

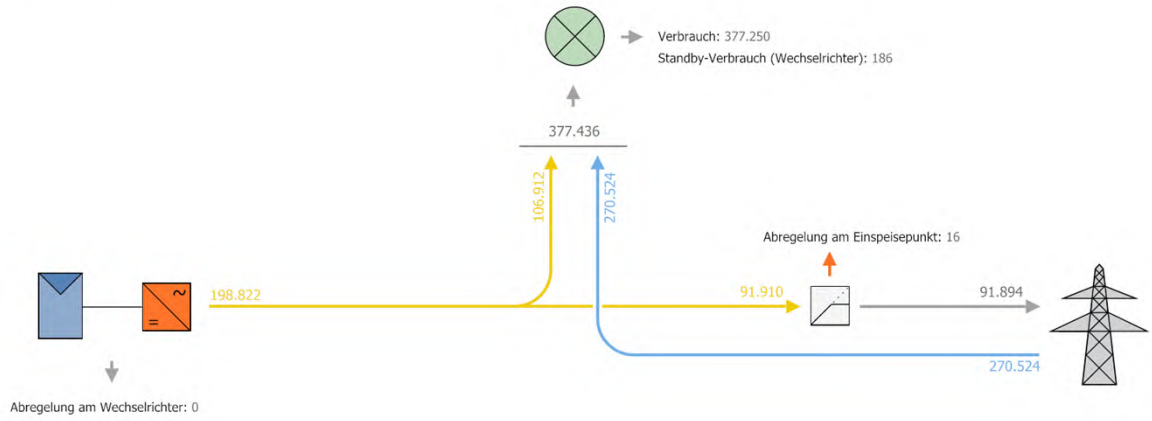


### Autarkiegrad

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| Gesamtverbrauch    | 377.436 kWh/Jahr |
| gedeckt durch Netz | 270.524 kWh/Jahr |
| Autarkiegrad       | 28,3 %           |

### Energiefluss-Grafik

Projekt: Poliklinik Bonn



Alle Werte in kWh  
Kleine Abweichungen in den Summen können durch Rundung entstehen  
created with PV\*SOL

Abbildung: Energiefluss

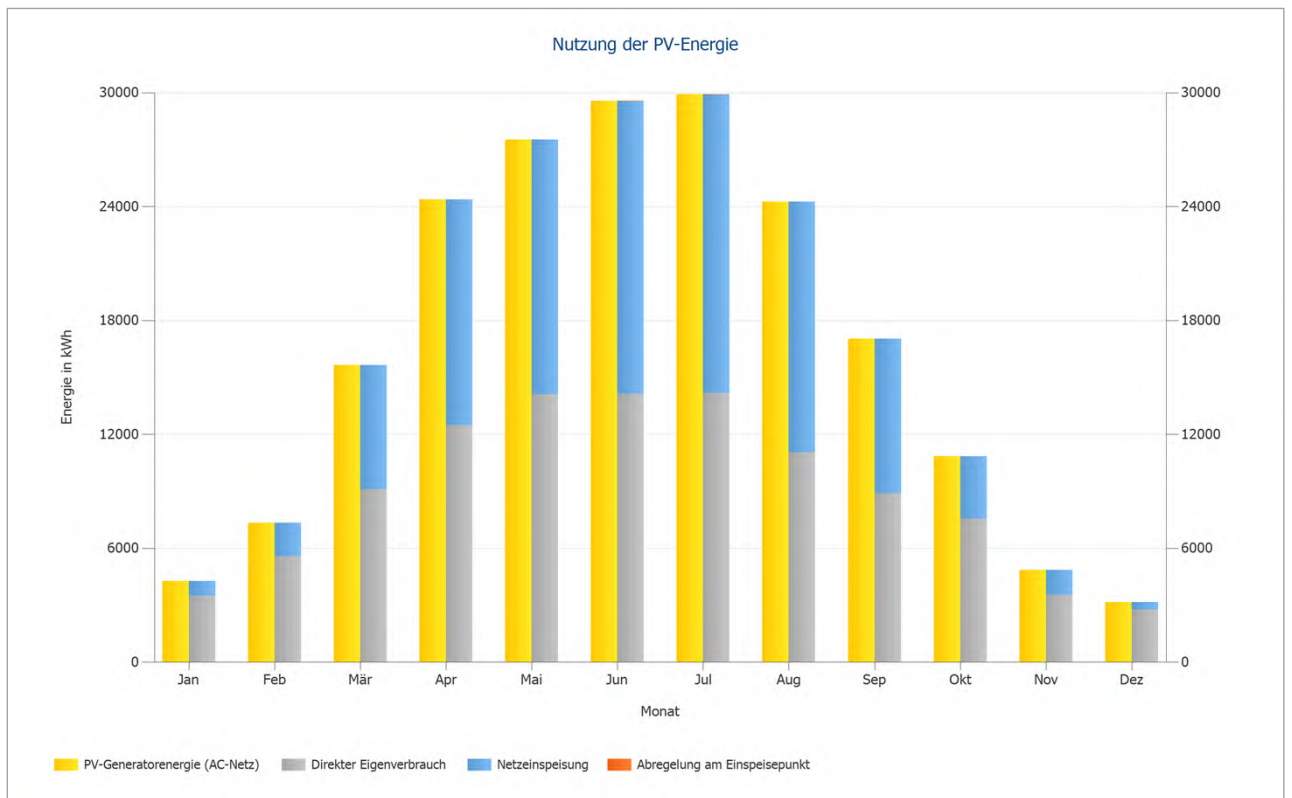


Abbildung: Nutzung der PV-Energie

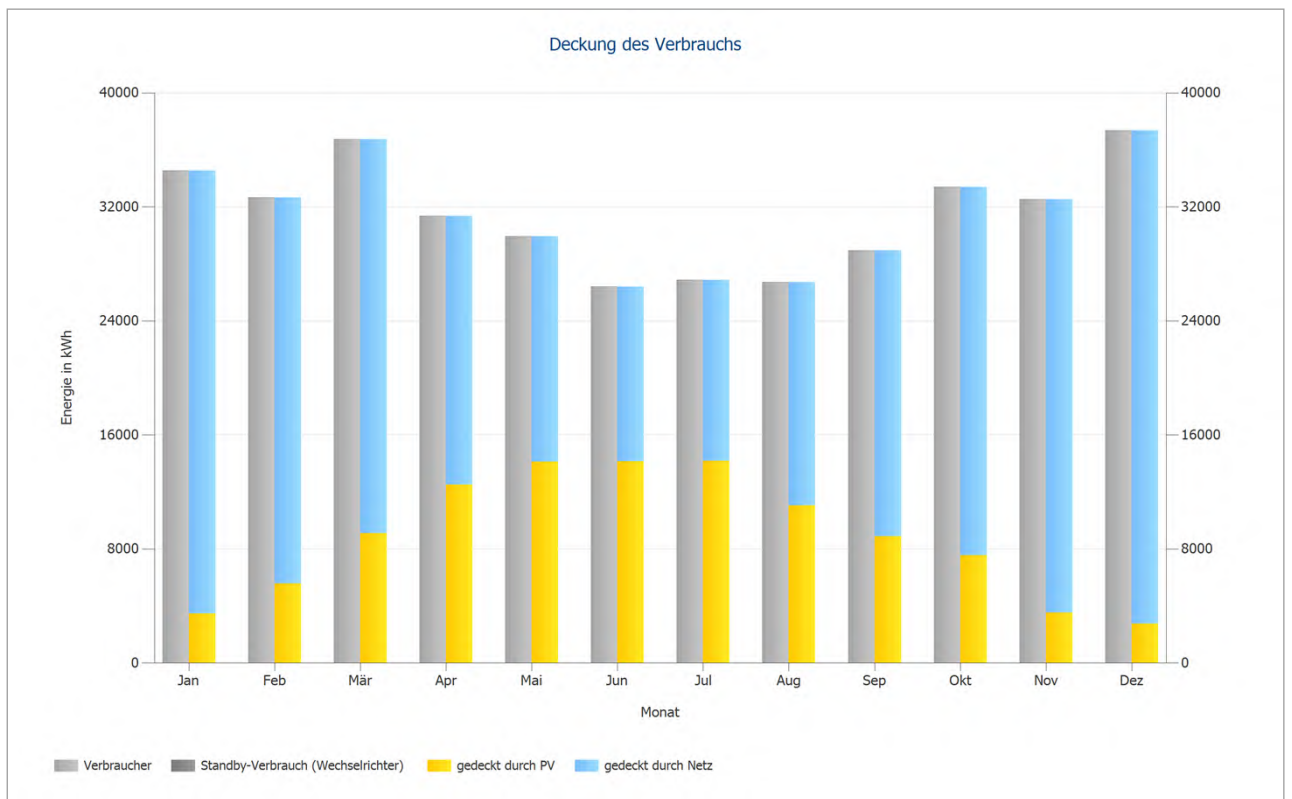


Abbildung: Deckung des Verbrauchs

# Energieertrag für ~~EnEV~~

Energieertrag nach DIN 15316-4-6

Stadtwerke Bonn

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| Januar            | 3159,1 kWh           |
| Februar           | 4318,4 kWh           |
| März              | 10540,7 kWh          |
| April             | 19886,8 kWh          |
| Mai               | 23999,4 kWh          |
| Juni              | 25329,6 kWh          |
| Juli              | 22818,2 kWh          |
| August            | 19550,4 kWh          |
| September         | 13348,8 kWh          |
| Oktober           | 8372,1 kWh           |
| November          | 3259 kWh             |
| Dezember          | 1848,4 kWh           |
| <b>Jahreswert</b> | <b>156.430,9 kWh</b> |

Randbedingungen:

Klimadaten nach DIN V 18599-10

BELIEBIGES GEBÄUDE 01-MODULFLÄCHE WEST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: West

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 01-MODULFLÄCHE OST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: Ost

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 07-MODULFLÄCHE WEST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: West

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 07-MODULFLÄCHE OST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: Ost

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 02-BELEGUNGSFLÄCHE OST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: Ost

Neigung: 30°

BELIEBIGES GEBÄUDE 03-MODULFLÄCHE WEST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: West

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 03-MODULFLÄCHE OST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: Ost

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 05-MODULFLÄCHE OST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: Ost

Neigung: 0°

BELIEBIGES GEBÄUDE 05-MODULFLÄCHE WEST

Systemleistungsfaktor: 0.8

Peakleistungskoeffizient: 0.182

Ausrichtung: West

Neigung: 0°

# Wirtschaftlichkeitsanalyse

## Überblick

### Anlagendaten

|   |                 |
|---|-----------------|
| Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation) | 91.894 kWh/Jahr |
| PV-Generatorleistung                                    | 210,7 kWp       |
| Inbetriebnahme der Anlage                               | 06.12.2023      |
| Betrachtungszeitraum                                    | 20 Jahre        |
| Kapitalzins   | 1 %             |

### Wirtschaftliche Kenngrößen

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Gesamtkapitalrendite  | 7,40 %       |
| Kumulierter Cashflow  | 278.486,80 € |
| Amortisationsdauer    | 11,6 Jahre   |
| Stromgestehungskosten | 0,0844 €/kWh |

### Zahlungsübersicht

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| spezifische Investitionskosten    | 1.500,00 €/kWp |
| Investitionskosten                | 316.110,00 €   |
| Einmalzahlungen                   | 0,00 €         |
| Förderungen                       | 0,00 €         |
| Jährliche Kosten                  | 0,00 €/Jahr    |
| Sonstige Erlöse oder Einsparungen | 0,00 €/Jahr    |

### Vergütung und Ersparnisse

|                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| Gesamtvergütung im ersten Jahr | 2.803,82 €/Jahr  |
| Ersparnisse im ersten Jahr     | 23.671,84 €/Jahr |

### EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| Gültigkeit                     | 06.12.2023 - 31.12.2043 |
| Spezifische Einspeisevergütung | 0,0305 €/kWh            |
| Einspeisevergütung             | 2803,8247 €/Jahr        |

### Example Private (Example)

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Arbeitspreis                      | 0,2218 €/kWh |
| Grundpreis                        | 6,9 €/Monat  |
| Preisänderungsfaktor Arbeitspreis | 2 %/Jahr     |

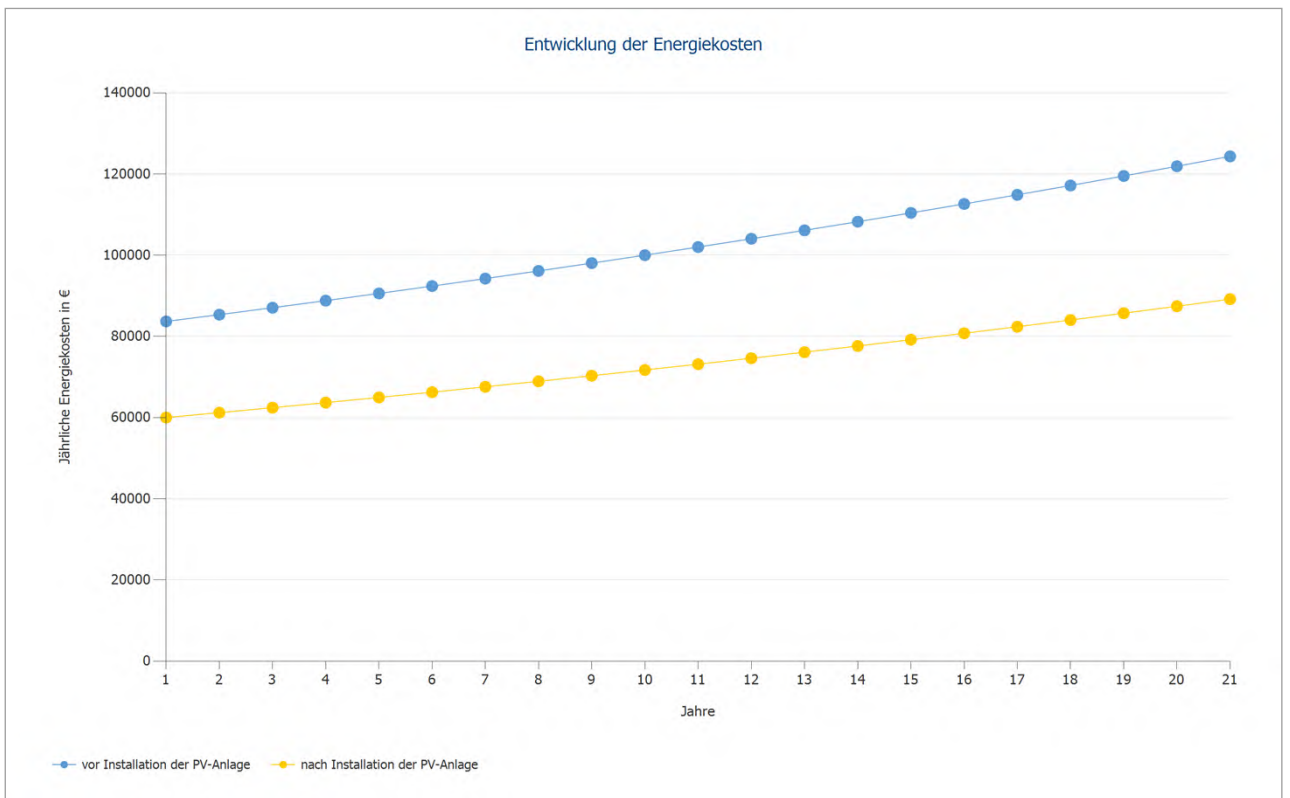


Abbildung: Entwicklung der Energiekosten

## Cashflow

### Cashflow

|                            | Jahr 1               | Jahr 2             | Jahr 3             | Jahr 4             | Jahr 5             |
|----------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Investitionen              | -316.110,00 €        | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             |
| Einspeisevergütung         | 2.774,12 €           | 2.748,58 €         | 2.721,36 €         | 2.694,42 €         | 2.667,74 €         |
| Einsparungen Strombezug    | 23.314,95 €          | 23.669,52 €        | 23.903,88 €        | 24.140,55 €        | 24.379,56 €        |
| <b>Jährlicher Cashflow</b> | <b>-290.020,93 €</b> | <b>26.418,10 €</b> | <b>26.625,24 €</b> | <b>26.834,97 €</b> | <b>27.047,30 €</b> |
| Kumulierter Cashflow       | -290.020,93 €        | -263.602,83 €      | -236.977,59 €      | -210.142,62 €      | -183.095,32 €      |

### Cashflow

|                            | Jahr 6             | Jahr 7             | Jahr 8             | Jahr 9             | Jahr 10            |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Investitionen              | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             |
| Einspeisevergütung         | 2.641,33 €         | 2.615,18 €         | 2.589,29 €         | 2.563,65 €         | 2.538,27 €         |
| Einsparungen Strombezug    | 24.620,95 €        | 24.864,71 €        | 25.110,91 €        | 25.359,52 €        | 25.610,62 €        |
| <b>Jährlicher Cashflow</b> | <b>27.262,28 €</b> | <b>27.479,88 €</b> | <b>27.700,19 €</b> | <b>27.923,16 €</b> | <b>28.148,88 €</b> |
| Kumulierter Cashflow       | -155.833,04 €      | -128.353,16 €      | -100.652,96 €      | -72.729,80 €       | -44.580,91 €       |

### Cashflow

|                            | Jahr 11            | Jahr 12            | Jahr 13            | Jahr 14            | Jahr 15            |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Investitionen              | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             |
| Einspeisevergütung         | 2.513,13 €         | 2.488,25 €         | 2.463,62 €         | 2.439,22 €         | 2.415,07 €         |
| Einsparungen Strombezug    | 25.864,17 €        | 26.120,25 €        | 26.378,88 €        | 26.640,06 €        | 26.903,82 €        |
| <b>Jährlicher Cashflow</b> | <b>28.377,30 €</b> | <b>28.608,51 €</b> | <b>28.842,50 €</b> | <b>29.079,28 €</b> | <b>29.318,89 €</b> |
| Kumulierter Cashflow       | -16.203,61 €       | 12.404,90 €        | 41.247,39 €        | 70.326,68 €        | 99.645,57 €        |

### Cashflow

|                            | Jahr 16            | Jahr 17            | Jahr 18            | Jahr 19            | Jahr 20            |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Investitionen              | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             | 0,00 €             |
| Einspeisevergütung         | 2.391,16 €         | 2.367,49 €         | 2.344,05 €         | 2.320,84 €         | 2.297,86 €         |
| Einsparungen Strombezug    | 27.170,18 €        | 27.439,21 €        | 27.710,87 €        | 27.985,24 €        | 28.262,32 €        |
| <b>Jährlicher Cashflow</b> | <b>29.561,35 €</b> | <b>29.806,69 €</b> | <b>30.054,92 €</b> | <b>30.306,08 €</b> | <b>30.560,18 €</b> |
| Kumulierter Cashflow       | 129.206,92 €       | 159.013,61 €       | 189.068,53 €       | 219.374,60 €       | 249.934,78 €       |

### Cashflow

|                            | Jahr 21            |
|----------------------------|--------------------|
| Investitionen              | 0,00 €             |
| Einspeisevergütung         | 9,88 €             |
| Einsparungen Strombezug    | 28.542,14 €        |
| <b>Jährlicher Cashflow</b> | <b>28.552,02 €</b> |
| Kumulierter Cashflow       | 278.486,80 €       |

Degradation- und Preissteigerungsraten werden monatlich über den gesamten Betrachtungszeitraum angewendet. Dies erfolgt bereits im ersten Jahr.



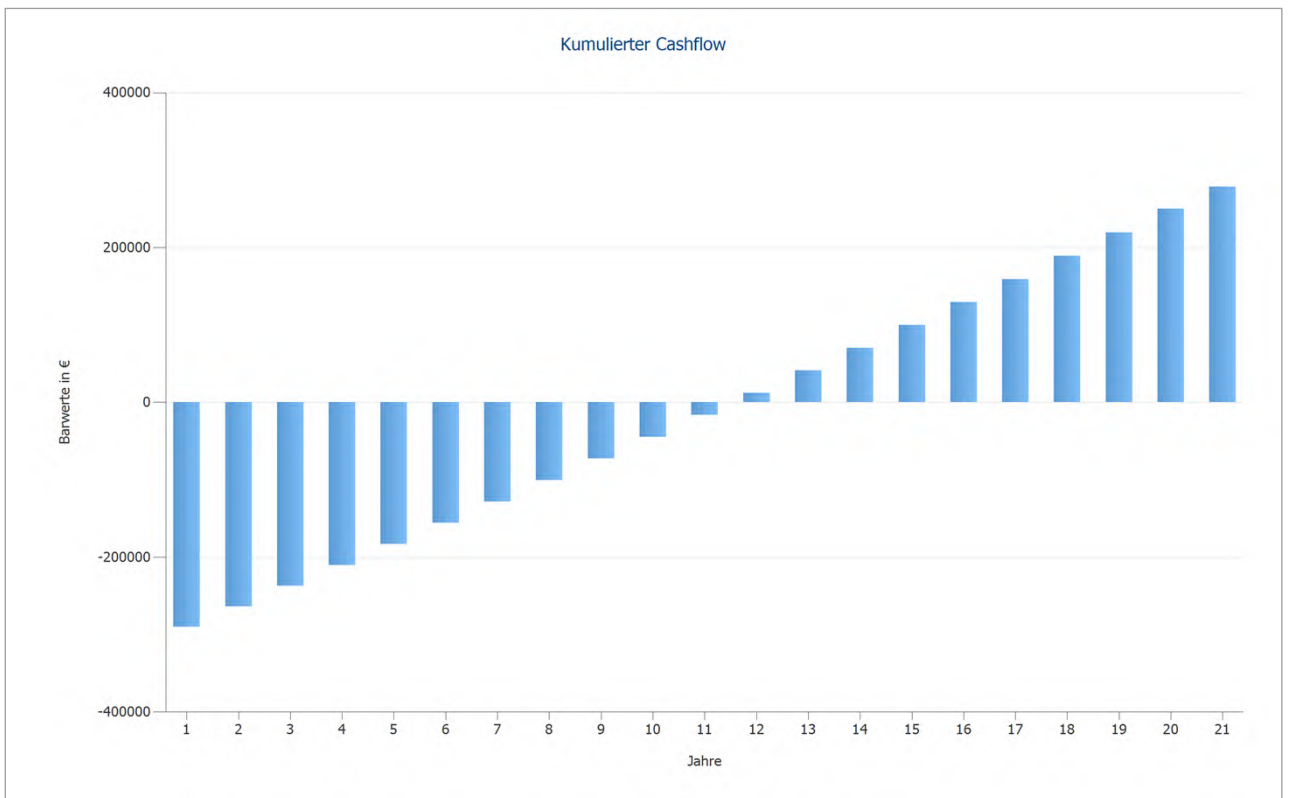
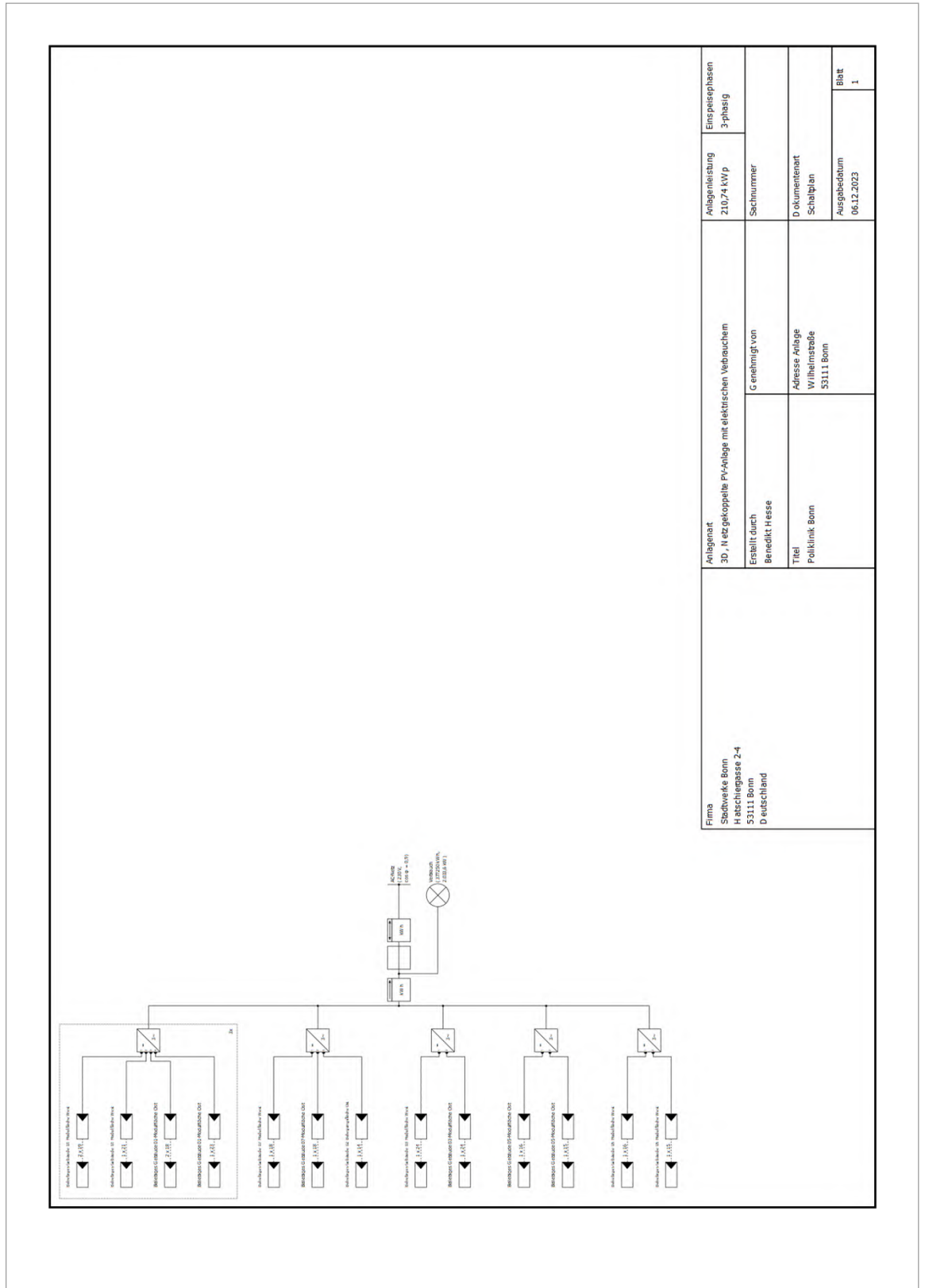


Abbildung: Kumulierter Cashflow

# Pläne und Stückliste

## Schaltplan



|   |  |  |
|---|--|--|
| Firma<br>Stadtwerke Bonn<br>Hahnschlagasse 2-4<br>53111 Bonn<br>Deutschland | Anlagentyp<br>3D, N-etzgekoppelte PV-Anlage mit elektrischem Verbrauchem | Einphasenleistung<br>210,74 kWp<br>3-phasig                    |
|   | Erstellt durch<br>Benedikt Hesse   | Zeichnungsnummer<br>DOKUMENTART<br>Schaltplan                  |
|   | Titel<br>Poliklinik Bonn   | Genehmigt von<br>Adresse Anlage<br>Wilhelmstraße<br>53111 Bonn |
|   |  | Ausgabedatum<br>06.12.2023                                     |
|   |  | Blatt<br>1   |

Abbildung: Schaltplan

# Übersichtsplan

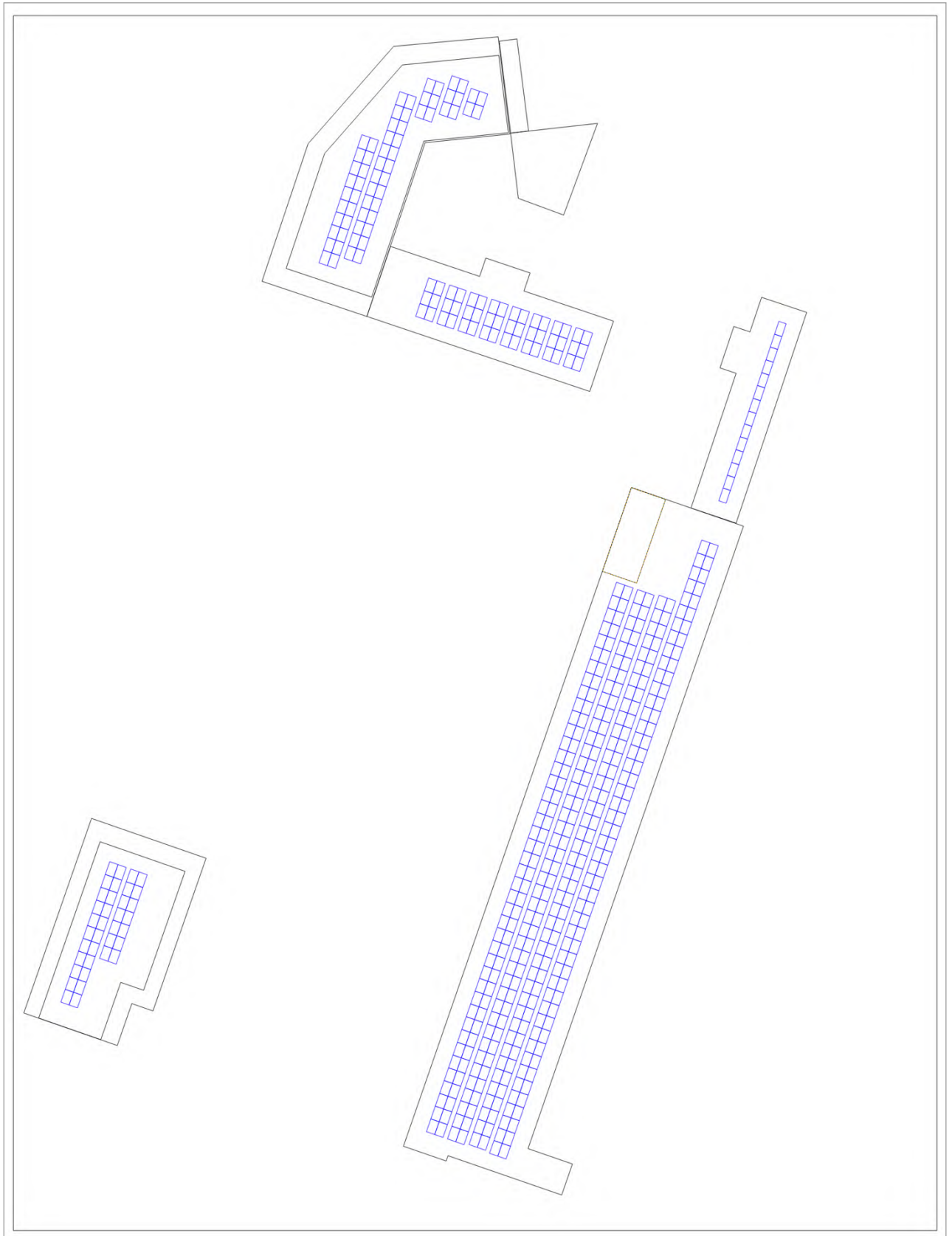


Abbildung: Übersichtsplan

# Bemaßungsplan

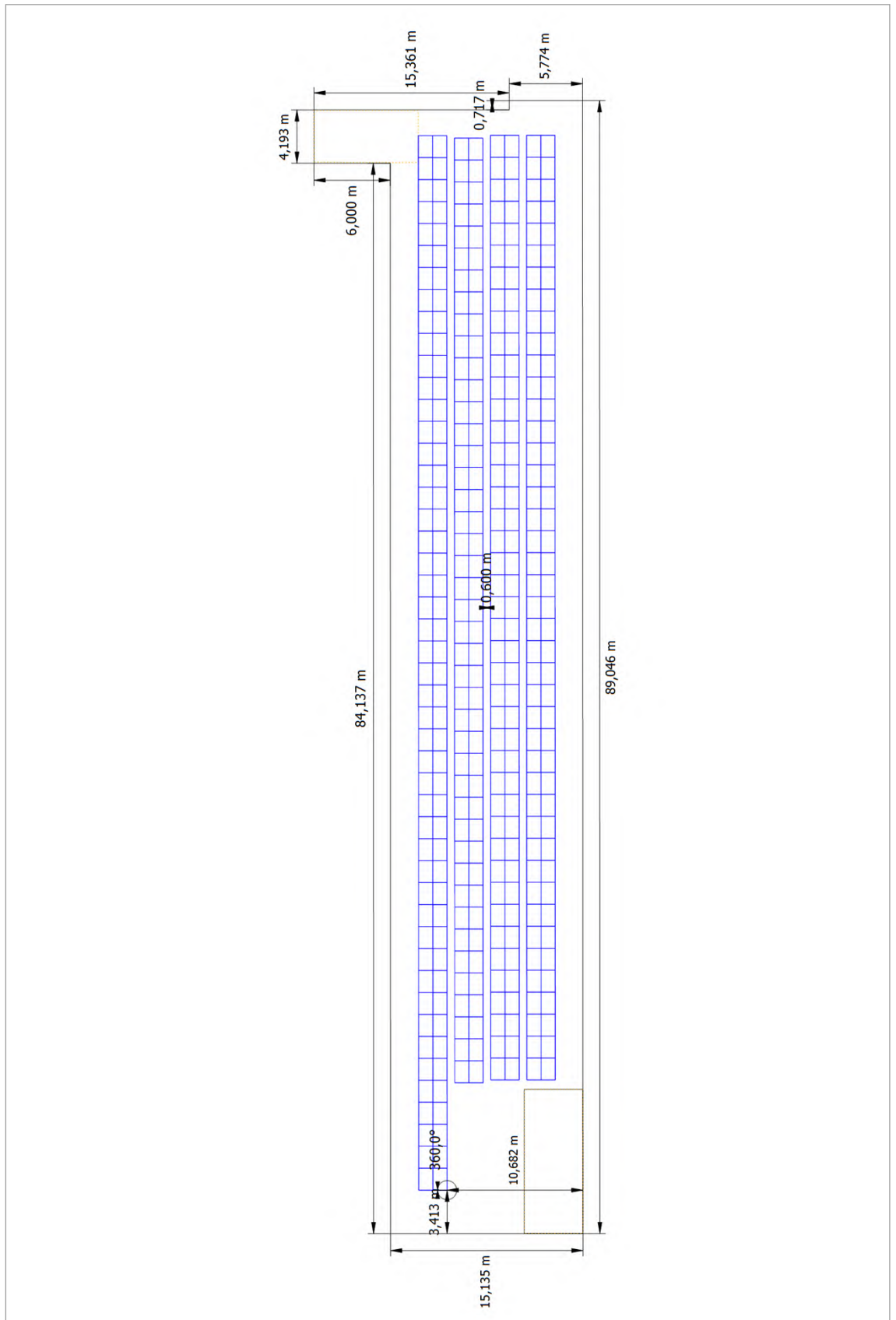


Abbildung: Beliebige Gebäude 01 - Belegungsfläche West

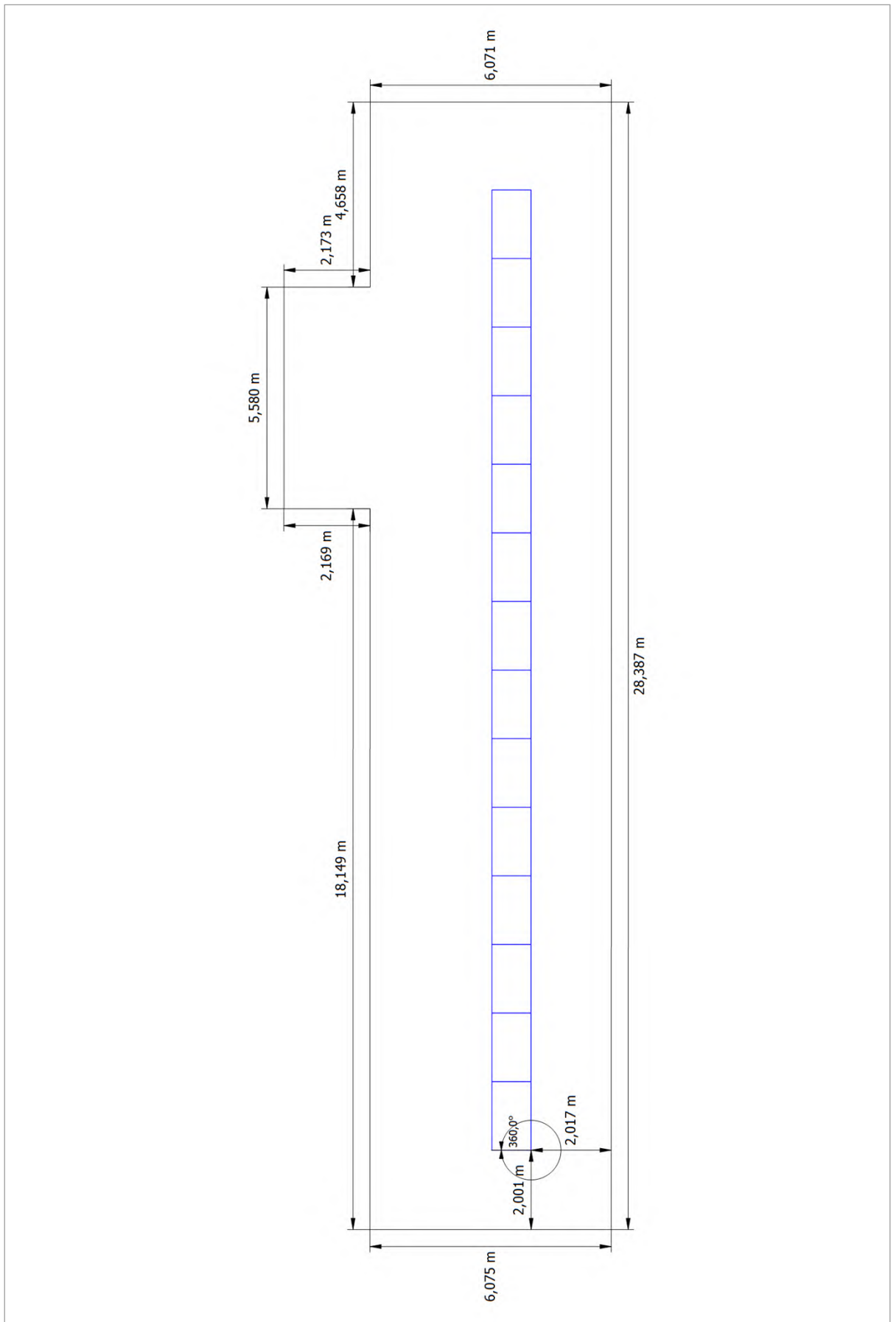


Abbildung: Beliebige Gebäude 02 - Belegungsfläche Ost

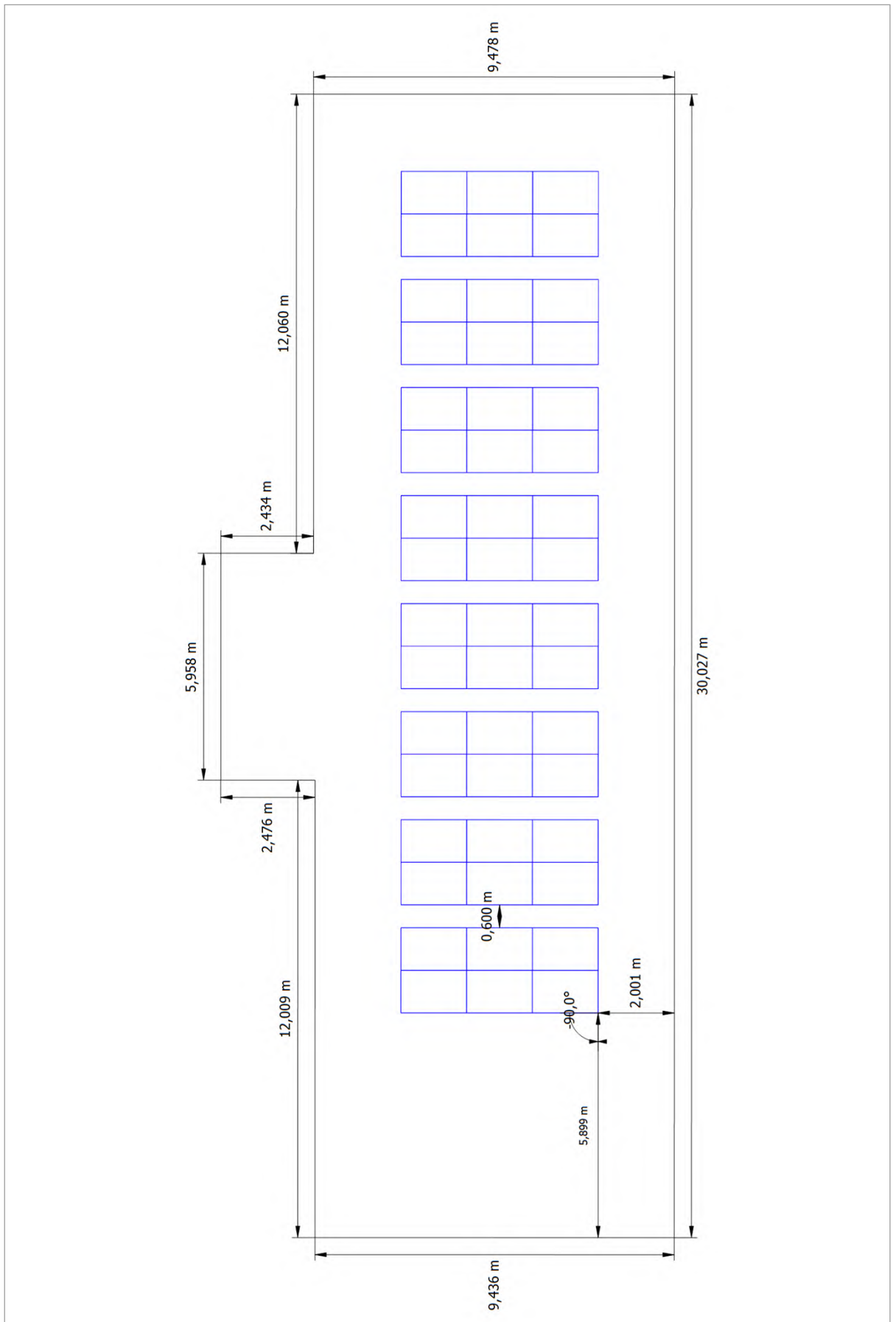


Abbildung: Beliebige Gebäude 03 - Belegungsfläche Süd

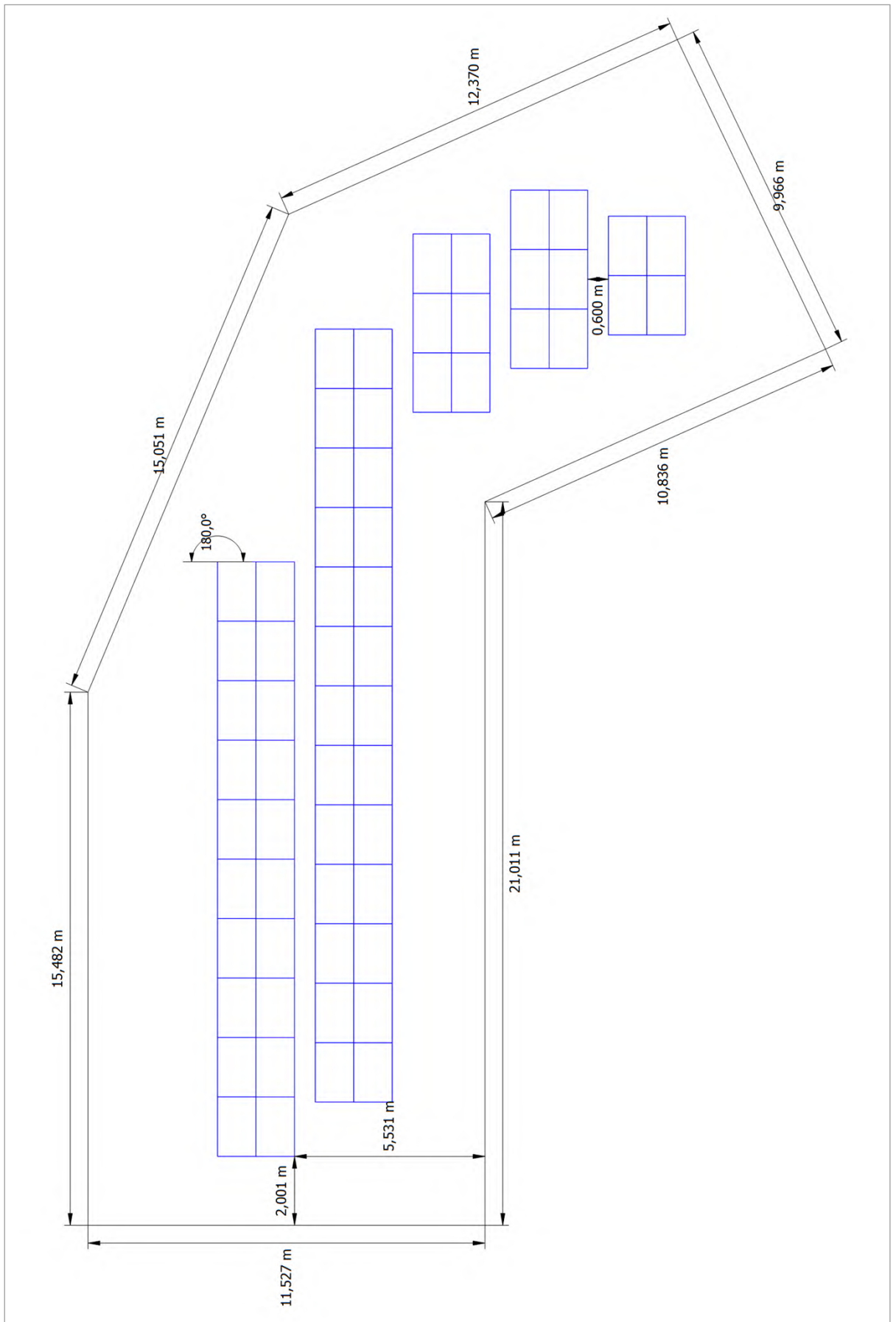


Abbildung: Beliebiges Gebäude 05 - Belegungsfläche Ost

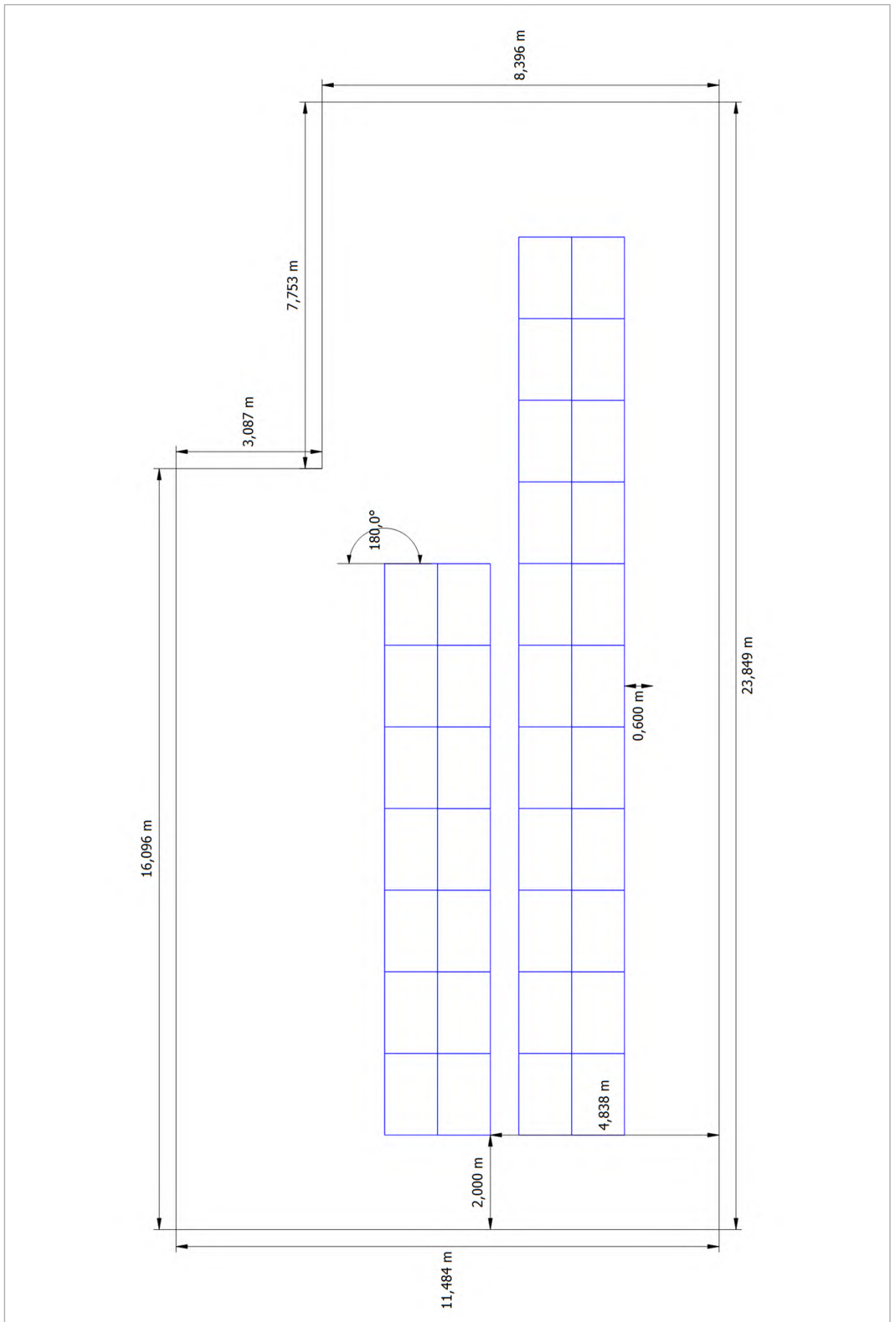


Abbildung: Beliebiges Gebäude 07 - Belegungsfläche West



# Strangplan

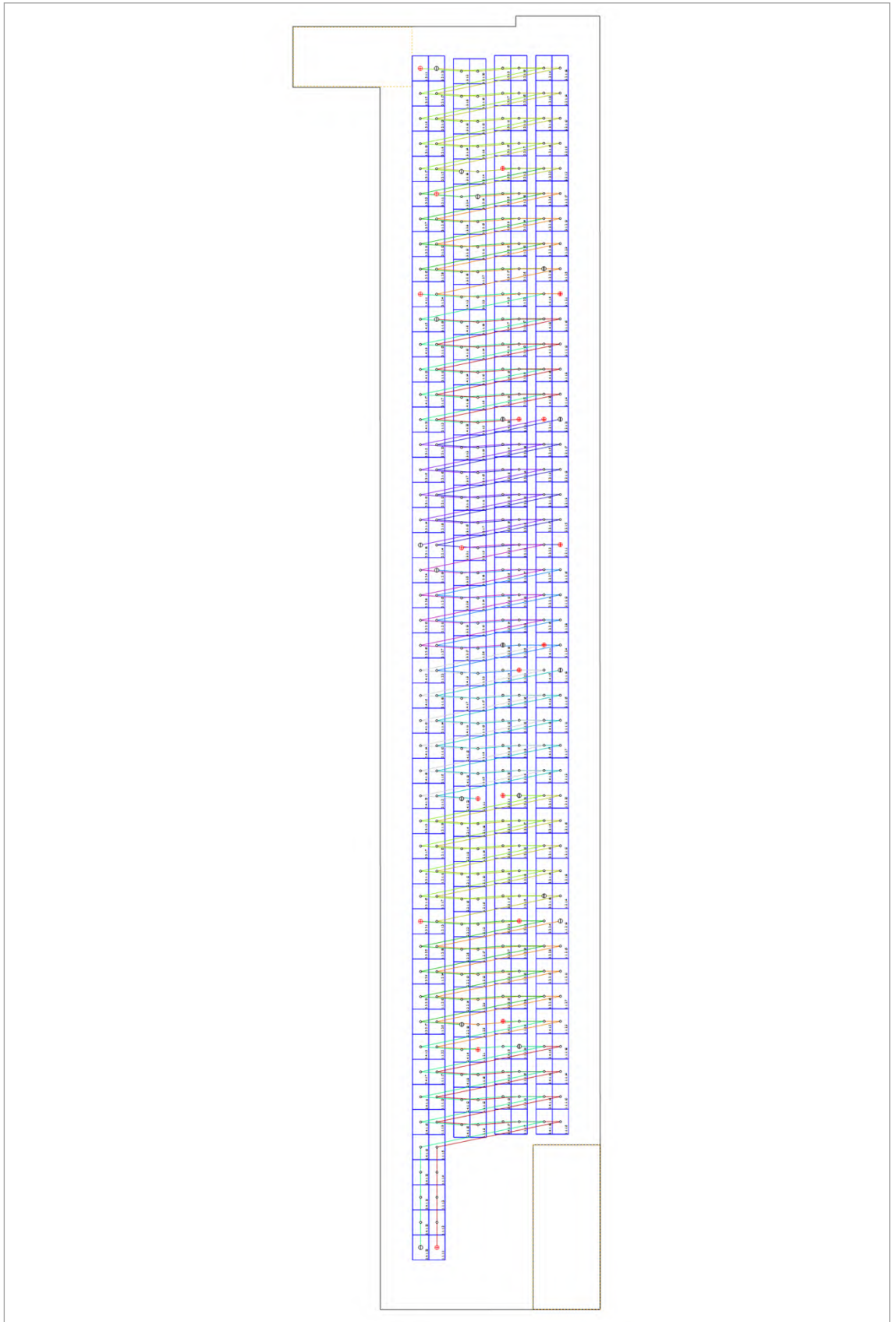


Abbildung: Beliebiges Gebäude 01 - Belegungsfläche West

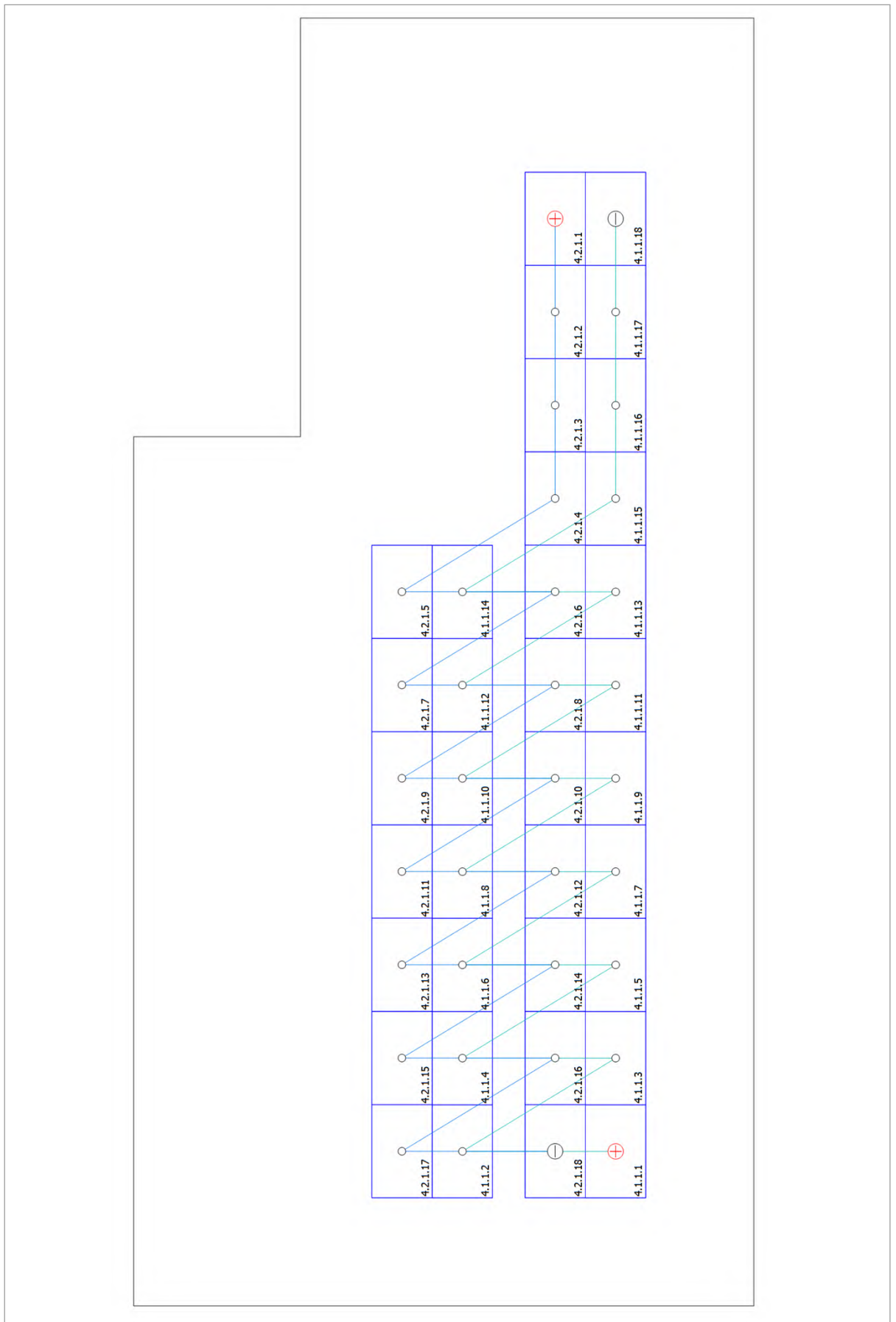


Abbildung: Beliebiges Gebäude 07 - Belegungsfläche West

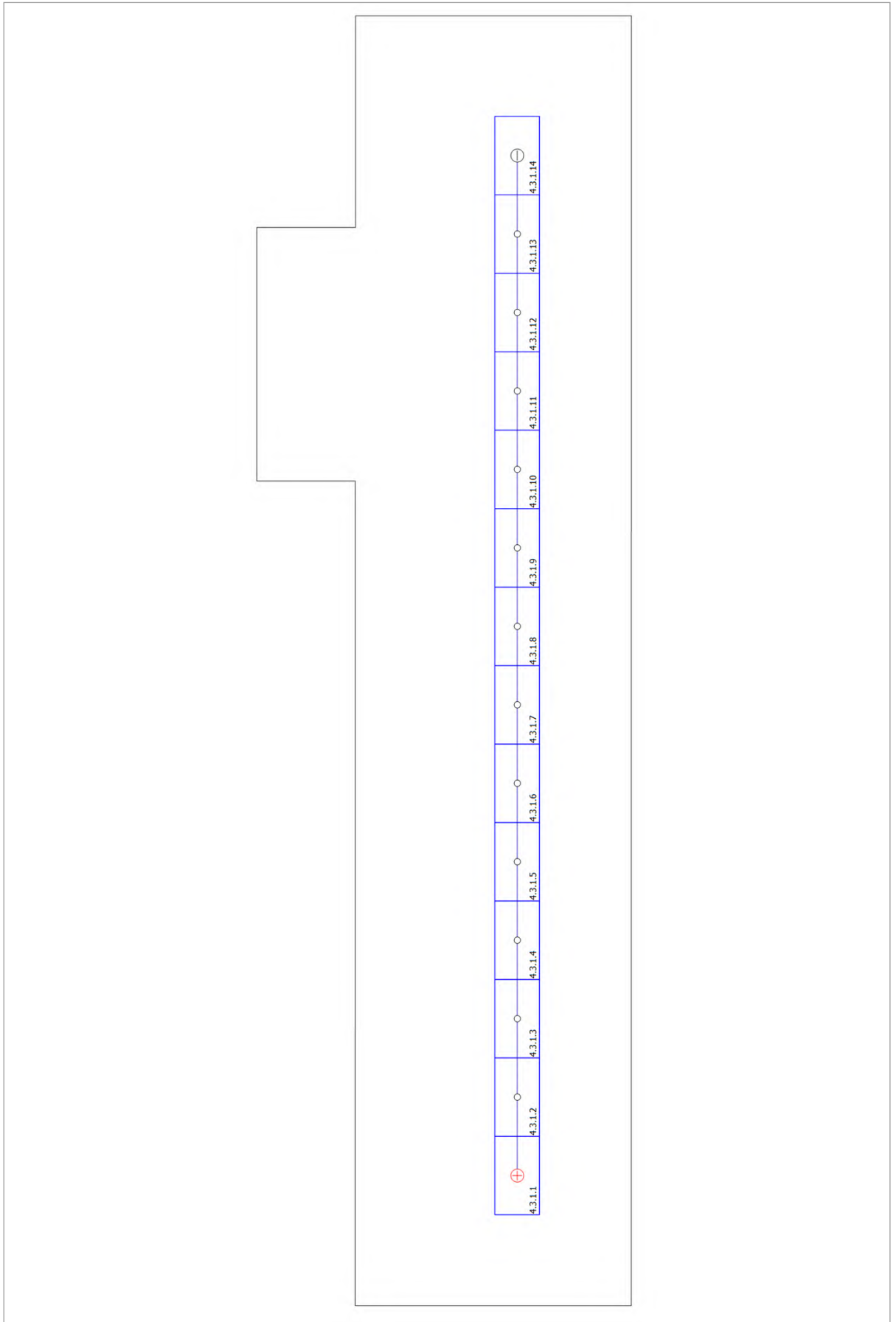


Abbildung: Beliebiges Gebäude 02 - Belegungsfläche Ost

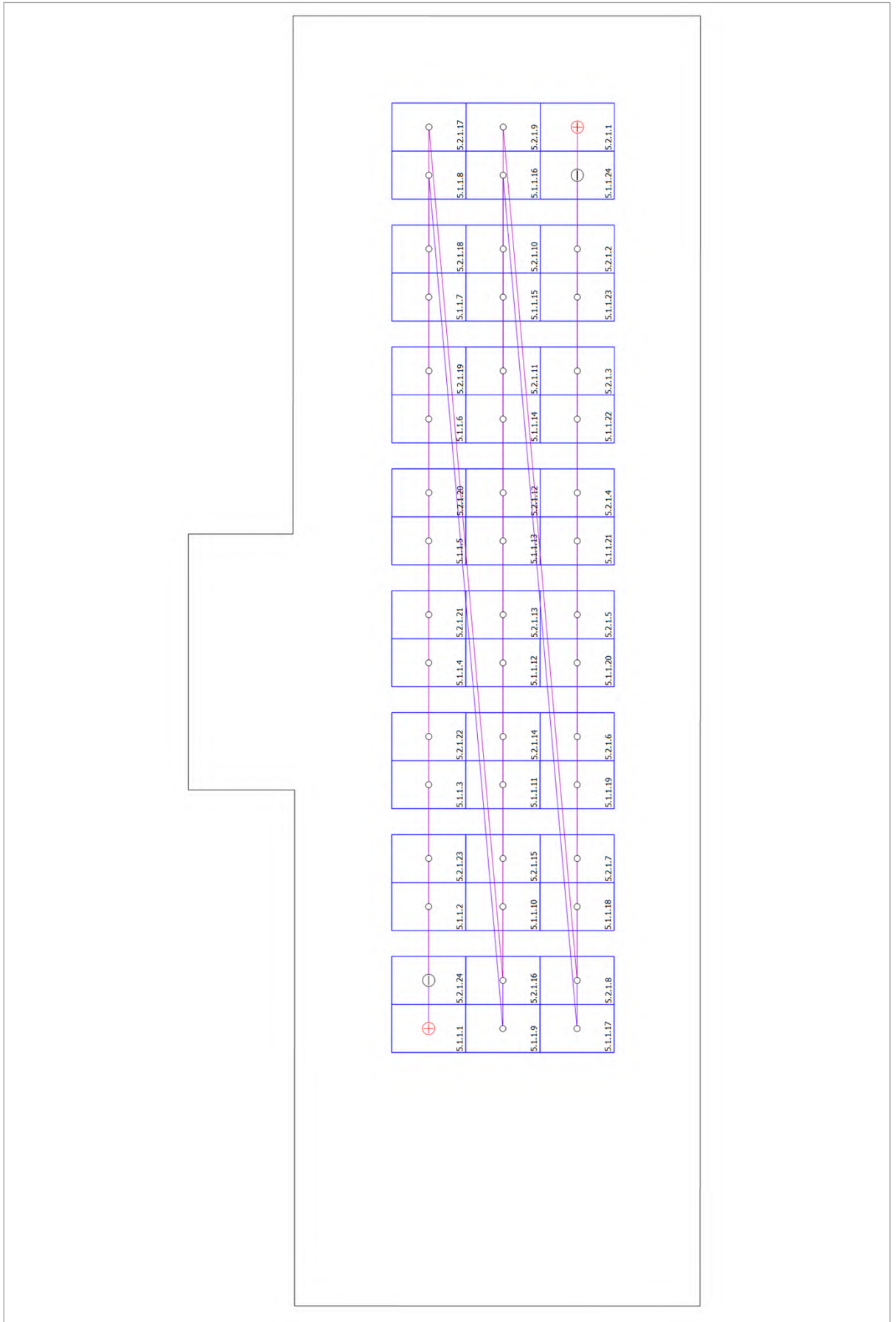


Abbildung: Beliebiges Gebäude 03 - Belegungsfläche Süd

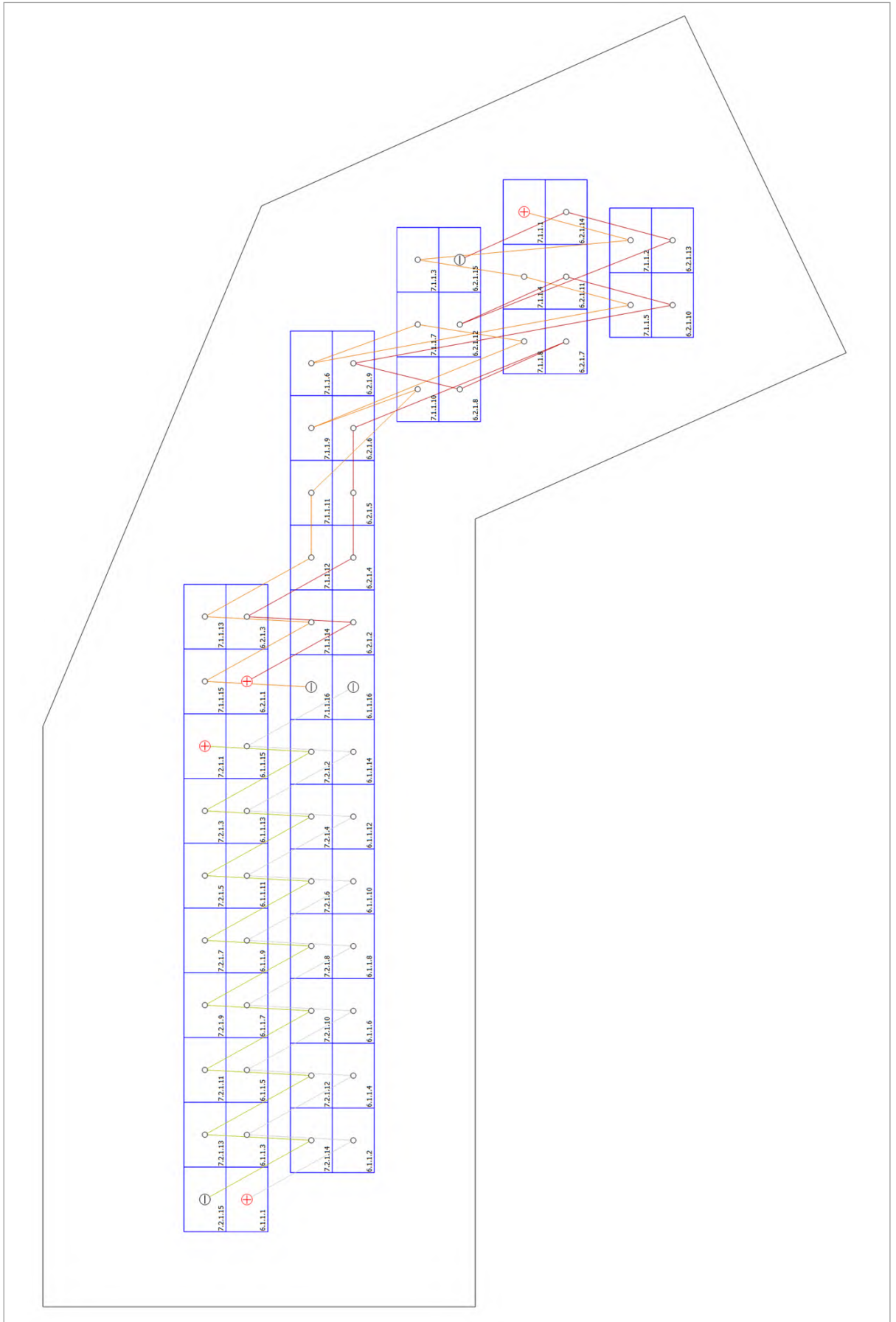


Abbildung: Beliebiges Gebäude 05 - Belegungsfläche Ost

## Stückliste

### Stückliste

| # | Typ            | Artikelnummer | Hersteller                  | Name  | Menge | Einheit |
|---|----------------|---------------|-----------------------------|---|-------|---------|
| 1 | PV-Modul       |               | AXITEC Energy GmbH & Co. KG | AXIpremium XXL HC BLK AC-410MH/108V             | 514   | Stück   |
| 2 | Wechselrichter |               | Huawei Technologies         | SUN2000-50KTL-M3-380V                           | 3     | Stück   |
| 3 | Wechselrichter |               | SMA Solar Technology AG     | Sunny Tripower X 20                             | 1     | Stück   |
| 4 | Wechselrichter |               | Huawei Technologies         | SUN2000-17K-MB0                                 | 1     | Stück   |
| 5 | Wechselrichter |               | Huawei Technologies         | SUN2000MA-12KTL-M1(High Current Version-400Vac) | 2     | Stück   |
| 6 | Komponenten    |               |                             | Einspeisezähler                                 | 1     | Stück   |
| 7 | Komponenten    |               |                             | Hausanschluss                                   | 1     | Stück   |
| 8 | Komponenten    |               |                             | Zweirichtungszähler                             | 1     | Stück   |

# Screenshots, 3D-Planung

## Umgebung

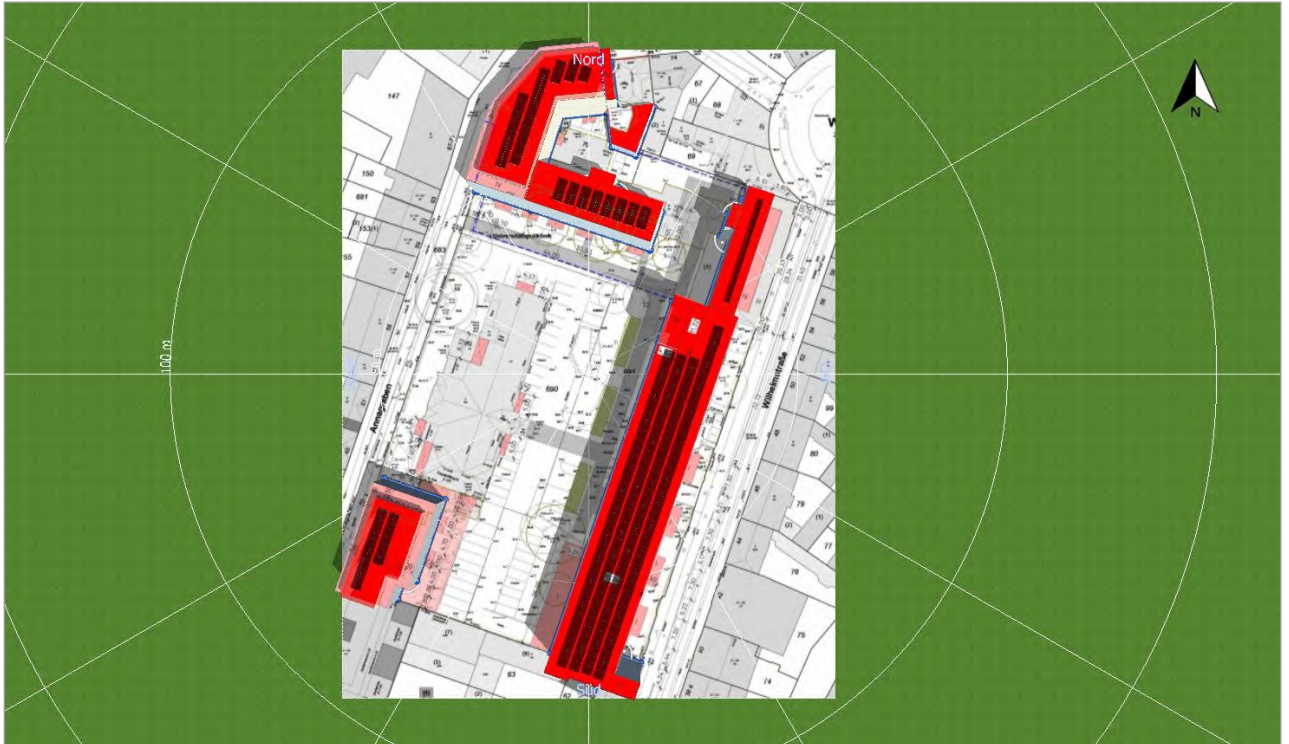


Abbildung: Screenshot01