Vorabzug

AVERDUNG

PV- UND GRÜNDACHKONZEPT TK SALZHAUSEN

224138 TK MBKS BIZ Salzhausen | 04.03.2025

Aufgabenstellung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur „energetischen Optimierung beim Bildungszentrum (BIZ) in Salzhausen“ sollen Maßnahmen für die Erreichung einer energetischen Optimierung und Erarbeitung von Entscheidungsvorlagen, jeweils mit ökologischer und ökonomischer Einordnung und unter Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten entwickelt werden. Unter anderem gefordert in der Leistungsbeschreibung sind folgende Konzepte:

- Konzept für den Einsatz von Photovoltaikanlagen
- Konzept für den Einbau von Gründächern

Die folgende Machbarkeitsstudie beinhaltet die Beschreibung oben genannter Konzepte.

AVERDUNG

GRÜNDACHKONZEPT

Arten von Gründächern – Intensive Dachbegrünung

AVERDUNG

Gewicht[1]: ab 320 kg/m²

Vegetation[1]: Stauden, Sträucher, etc.

Kosten[1]: ab 55 €/m²

Nutzen

- Begehbarer Dachgarten
- Hohe ökologische Wertigkeit

Herausforderungen

- Umfangreiche Pflege erforderlich
- Erhebliche statische Lasten



Beispiel der Optigrün international AG; Intensive Dachgarten Begrünung für Immobilien| Optigrün (abgerufen am 07.02.2025)

[1] Angaben der Optigrün international AG, Extensive und Intensive Dachbegrünung | Optigrün (abgerufen am 07.02.2025)

Arten von Gründächern – Extensive Dachbegrünung

AVERDUNG

Gewicht[1]: ab 95 kg/m²

Vegetation[1]: Kräuter-Gräser-Sedum

Kosten[1]: ab 28 €/m²

Nutzen

- Geringer Pflegeaufwand
- Sehr hohe ökologische Wertigkeit
- Wasserretention

Herausforderungen

- Lastreserven erforderlich



Beispiel der Optigrün international AG; Extensive und Intensive Dachbegrünung | Optigrün (abgerufen am 07.02.2025)

[1] Angaben der Optigrün international AG, Extensive und Intensive Dachbegrünung | Optigrün (abgerufen am 07.02.2025)

Arten von Gründächern – Kombination mit PV-Anlage

AVERDUNG

Gewicht[1]: ab 110 kg/m²

Vegetation[1]: Sedum-Sprossen

Kosten[1]: ab ca. 75 €/m²

Nutzen

- Doppelnutzung zur Stromerzeugung
- Verschattung des Gründachs im Sommer oder Kühlung der Module bei Hitze

Herausforderungen

- Erhöhte Dachlasten durch PV-Anlage
- Pflegeaufwand durch jährliche Pflege



Beispiel der Optigrün international AG, Solargründach: Übersicht der Systeme | Optigrün (abgerufen am 07.02.2025)

[1] Angaben der Optigrün international AG, Extensive und Intensive Dachbegrünung | Optigrün (abgerufen am 07.02.2025)

Gründachpotenzial am Standort Salzhausen

- Saal Berlin (blaue Schraffur)
  - Extensives Gründach bereits vorhanden
  - Falls erforderlich: Sanierung und/oder Grünpflege durchführen
- Flachbau (grüne Schraffur)
  - Austausch des Kiesdachs gegen Gründach (ggf. mit PV-Anlage) möglich
  - PV-Anlage in Kombination mit Kiesdach jedoch ähnlich vorteilhaft wie mit Gründach
- Wirtschaftstrakt (gelbe Schraffur)
  - Leichtes Gründach (ggf. mit PV-Anlage) möglich
  - Eingeschränkter Nutzen durch RLT-Anlage und somit geringe Fläche
- Übrige Dachflächen (rote Schraffur) mit Bitumendach und statisch ungeeignet



Zusammenfassung und Empfehlung

Der Ausbau der extensiven Gründachflächen am Standort Salzhausen in Kombination mit PV-Anlagen ist möglich sowie ökologisch sinnvoll.

Eine Kombination mit PV-Anlagen ist sowohl mit einem Kiesdach als auch einem Gründach möglich und sinnvoll.

Potenzial bietet die Dachfläche des Flachbaus. Da die derzeit als Kiesdach ausgeführte Eindeckung jedoch ursprünglich als Gründach geplant war, stellt sich die Frage nach der wirtschaftlichen Sinnhaftigkeit des erneuten Umbaus.

<u>Empfehlung</u>

Die Umwandlung des Kiesdaches in ein Gründach bietet ökologische Vorteile, wirkt sich jedoch unter Umständen ökonomisch negativ aus. Die Maßnahme sollte daher nur in Kombination mit einer finanziellen Förderung der Samtgemeinde Salzhausen oder des Landes erfolgen.

Der Fokus der Maßnahmen sollte in jedem Fall auf der Umsetzung des PV-Konzeptes liegen.

AVERDUNG

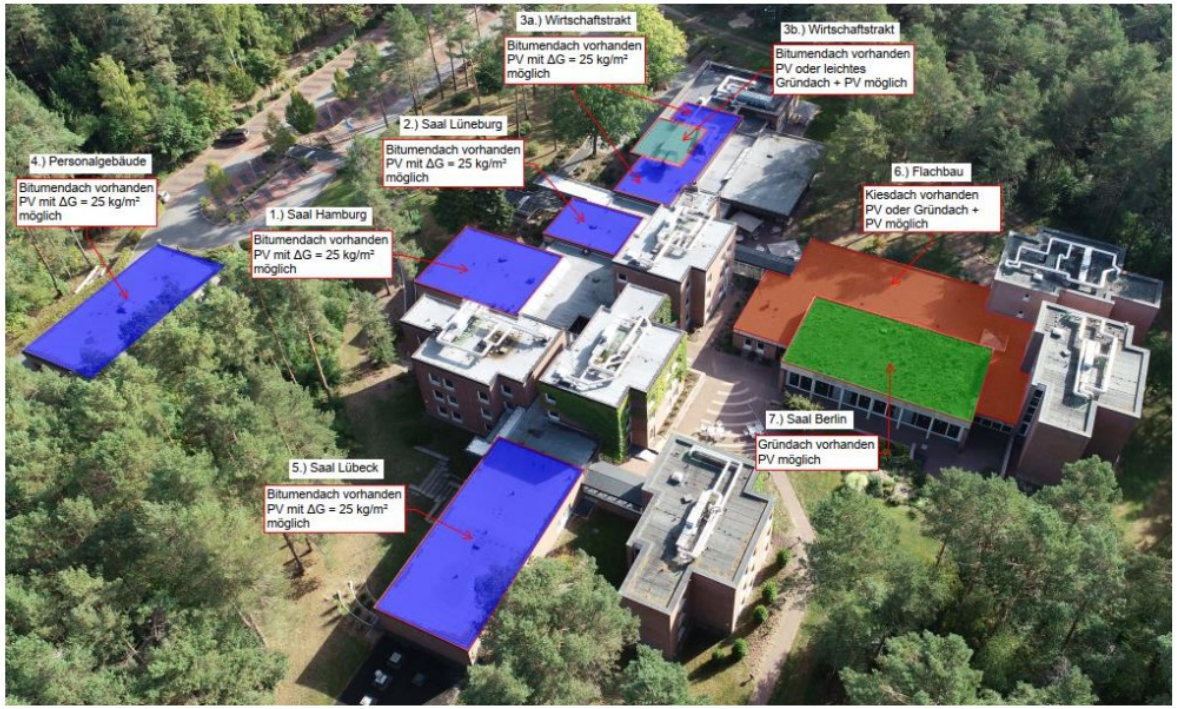
PV-KONZEPT

Agenda

- Bestandsaufnahme
- Schnittstellen zum Gebäude
- PV-Potenzial und Eigenverbrauch
- Kostenschätzung
- Zusammenfassung und Empfehlung

Betrachtete Dachflächen

- Auswahlkriterien der zu prüfenden Flächen:
  - Verfügbare Dachfläche
  - Art, Anzahl und Größe der Dachaufbauten
  - Verschattungsgrad
- Entscheidungsgrundlage: Rückmeldung des Statikbüros *WP Ingenieure* vom 30.02.2025
  - 7 Dachflächen statisch geeignet
  - davon 5 als ballastierte Ost-West-Anlagen (Lastreserve mindestens 25 kg/m²)
  - weitere 2 für Gründach-Lösungen (Lastreserve mindestens 100 bis 150 kg/m²)



Luftbild mit Übersicht der Ergebnisse

Auszug aus Statikbericht des Statikbüros WP Ingenieure vom 30.02.2025

Betrachtete Dachflächen

Dachfläche	Dacheindeckung	Wärmedämmung	Lastreserven	Besonderheiten
Saal Hamburg	Bitumenbahnen	Polystyrol Hartschaumplatten, EPS 035 DAA dh	> 25,8 kg/m²	
Saal Lüneburg	Bitumenbahnen		> 25,8 kg/m²	
Wirtschaftstrakt	Bitumenbahnen		> 25,8 kg/m² Mittelteil: > 100 kg/m²	Eingeschränkte Dachfläche durch RLT-Anlage
Personalgebäude	Bitumenbahnen		> 25,8 kg/m²	
Saal Lübeck	Bitumenbahnen		> 37,8 kg/m²	
Flachbau	Kiesdach, ggf. zukünftig Gründach	Nicht bekannt	Ausreichende Lastreserven für PV-Gründach	Erhöhte Verschattung durch südliche Bebauung und Vegetation im Osten
Saal Berlin	Gründach		Ausreichende Lastreserven für PV-Anlage	PV-Unterkonstruktion geeignet für bestehende Gründächer erforderlich

Die hier nicht aufgeführten Dachflächen wurden aus einem oder mehreren der folgenden Gründe als ungeeignet eingestuft:

- Erhebliche Beeinträchtigung durch Dachaufbauten (zerstückelte Dachflächen)
- Verschattung
- Statik

Agenda

AVERDUNG

- Bestandsaufnahme
- **Schnittstellen zum Gebäude**
- PV-Potenzial und Eigenverbrauch
- Kostenschätzung
- Zusammenfassung und Empfehlung

Schnittstellen zum Gebäude

- Statik
  - Siehe Rückmeldung des Statikbüros WP Ingenieure vom 30.01.2025
- Blitzschutz
  - Maschen und Fangstangen auf den Dachflächen vorhanden
  - Vorzugsweise Einbindung der PV-Anlage in den Gebäudeblitzschutz, d.h. nach Errichtung der PV-Anlage Neueinrichtung und Messung der Blitzschutzanlage erforderlich
- Brandschutz
  - Abstand zu Fenstern erforderlich (5 m)
  - Ggf. weitere Sperrflächen durch Brandwände im Gebäude erforderlich (entsprechende Pläne und Brandschutzkonzept) liegen nicht vor
  - Verlegung der AC-Leitungen im Gebäude ggf. in Teilen im Brandschutzkanal
  - Abstimmung mit brandschutzsachverständiger Person und Sachversicherung unbedingt empfehlenswert
- Arbeitssicherheit bzw. Sicherheit gegen Absturz
  - Anschlagpunkte auf den Dachflächen vorhanden, Status der Sekurantenwartung ist zu prüfen
  - Gefährdungsbeurteilung für die Wartung der PV-Anlage ist gemäß arbeitsschutzrechtlichen Vorgaben zu erstellen

Eignung der Wärmedämmung

AVERDUNG

Für die Installation einer PV-Anlage ist eine ausreichende Druckfestigkeit der Wärmedämmung erforderlich. Angewendet wird oft die Flachdachrichtlinie herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks (ZVDH). Die Richtlinie ersetzt jedoch nicht die Vorschriften der geltenden DIN-Normen. Für eine fachgerechte Ausführung sind daher stets Fachregeln und DIN-Normen ausschlaggebend. Dächer mit PV-Anlagen sind als genutzte Dächer einzustufen.

Bitumeneingedeckte Dächer (Säle Hamburg, Lübeck und Lüneburg, Wirtschaftstrakt, Personalgebäude)

Dämmung: EPS 035 DAA dh (> 150 kPa), Vorgabe laut Flachdachrichtlinie: > 150 kPa (Wert für EPS-Dämmstoffe)

Die minimale Druckfestigkeit ist grundsätzlich erfüllt, eine Untersuchung der verbleibenden Druckfestigkeit (Alterungsprozesse) kann im Zweifelsfall durchgeführt werden.

Grün- und Kiesdächer (Flachbau, Saal Berlin)

Dächer mit Kies bzw. Substratschicht sind in der Regel als genutzte Dächer ausgeführt, d.h. eine ausreichend druckfeste Dämmung ist meist vorhanden. Es finden keine Punktbelastungen der Dämmung durch die zwischenliegende Kies bzw. Substratschicht statt. Eine Untersuchung der Druckfestigkeit kann im Zweifelsfall durchgeführt werden.

Agenda

AVERDUNG

- Bestandsaufnahme
- Schnittstellen zum Gebäude
- **PV-Potenzial und Eigenverbrauch**
- Kostenschätzung
- Zusammenfassung und Empfehlung

PV-Potenzial

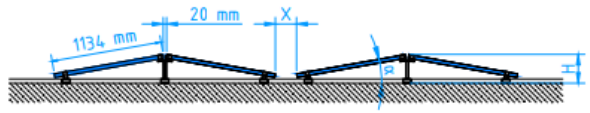


Modulbelegungspläne als pdf im Anhang

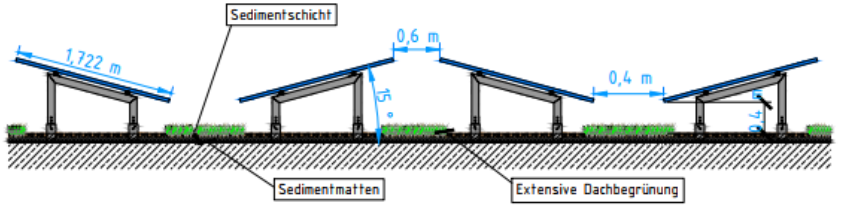
442 - Legende PV-Anlagen

Symbol	Beschreibung (Abkürzung)	Symbol	Beschreibung (Abkürzung)
	Innere Dachkante		Dachaufbauten
	Abstand zu innerer Dachkante (0,5 m)		Sekuranten
	Fenster		Sperrfläche / nicht Belegbar
	Abstand zu Fenster (5 m)		PV-Modul
WR	PV-Wechselrichter		PV-Module im Bereich der Sperrfläche Fenster

ES1 - Einbausituation 1: Ost-West-Aufständerung



ES1 - Einbausituation 1: Ost-West-Aufständerung Schmetterling Gründach



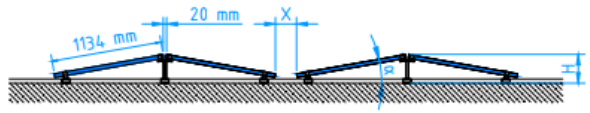
PV-Potenzial



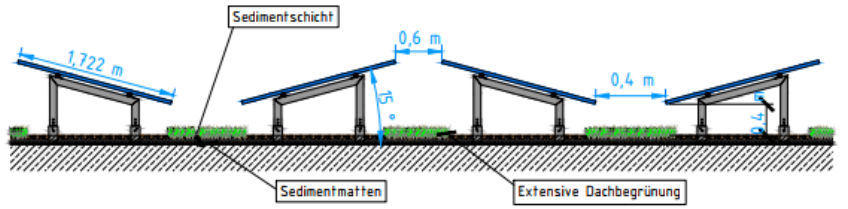
442 - Legende PV-Anlagen

Symbol	Beschreibung (Abkürzung)	Symbol	Beschreibung (Abkürzung)
	Innere Dachkante		Dachaufbauten
	Abstand zu innerer Dachkante (0,5 m)		Sekuranten
	Fenster		Sperrfläche / nicht Belegbar
	Abstand zu Fenster (5 m)		PV-Modul
WR	PV-Wechselrichter		PV-Module im Bereich der Sperrfläche Fenster

ES1 - Einbausituation 1: Ost-West-Aufständerung



ES1 - Einbausituation 1: Ost-West-Aufständerung Schmetterling Gründach



Modulbelegungspläne als pdf im Anhang

PV-Potenzial

AVERDUNG

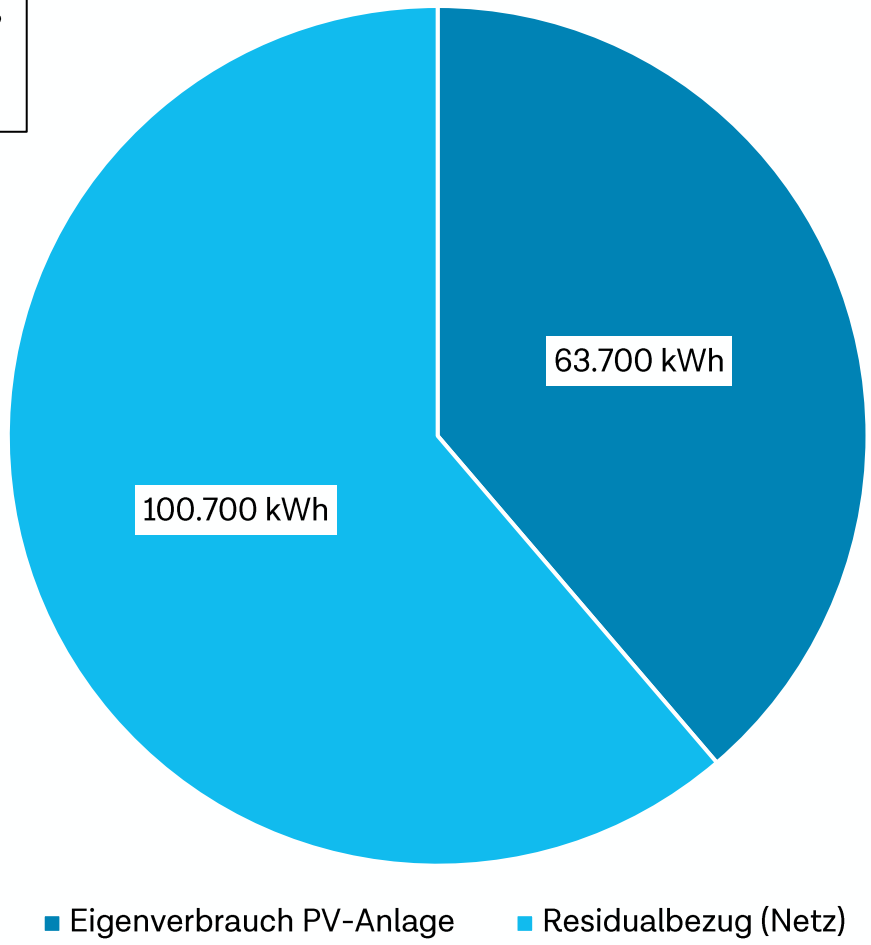
Dachfläche	PV-Potenzial[1]	PV-System/Ausrichtung	Anschlussleistung der Wechselrichter[1]	Jahresertrag (Prognose)[2]
Saal Hamburg	13 kWp / 19 kWp	Ballastierte Ost-West-Anlage	17 kW / 30 kW (gemeinsamer Anschluss)	11.200 kWh *860 kWh/kWp*
Saal Lüneburg	5 kWp / 9 kWp	Ballastierte Ost-West-Anlage		4.300 kW *860 kWh/kWp*
Wirtschaftstrakt	4 kWp	Ballastierte Nord-Süd-Anlage		3.400 kW *860 kWh/kWp*
Personalgebäude	24 kWp	Ballastierte Ost-West-Anlage	25 kW	22.800 kWh *860 kWh/kWp*
Saal Lübeck	27 kWp	Ballastierte Ost-West-Anlage	25 kW	25.400 kWh *950 kWh/kWp*
Flachbau	13 kWp / 25 kWp	Ballastierte Ost-West-Anlage, ggf. in Teilen Nord-Süd-Ausrichtung	33 kW / 50 kW (gemeinsamer Anschluss)	11.200 kWh *860 kWh/kWp*
Saal Berlin	26 kWp	Ballastierte Ost-West-Anlage		23.800 kWh *915 kWh/kWp*
Summe	**112 kWp / 135 kWp**		**100 kW / 130 kW**	**102.100 kWh**

[1] Die erste Zahl bezieht sich auf die voraussichtlich installierbare Leistung, die zweite beinhaltet die zumindest teilweise Belegung von brandschutztechnischen Sperrflächen sofern Freigabe vorliegend
[2] bezogen auf das PV-Potenzial ohne Nutzung der brandschutztechnischen Sperrflächen

Ertragsprognose und Eigenverbrauch (Ist-Zustand)

Pot. Anlagennennleistung	ca. 110 kWp
Potenzielle Erträge	ca. 105.000 kWh/a
Jährlicher Reststrombezug	ca. 164.400 kWh
Eigenverbrauchsanteil	ca. 60 %
Solarer Deckungsgrad	ca. 35 %

Residualbezug wie gehabt, Strombereitstellung des BHKW exkludiert



- Annahme zum Reststrombezug:
  - 164.400 kWh/Jahr (RLM-Messung 2024)
  - Addition beider Marktlokationen
- Hoher Eigenverbrauchsanteil mit über 60 %
- Steigerung des Eigenverbrauchs bei Einsatz eines Batteriespeichers möglich[1]
  - Eigenverbrauchsquote von bis zu 80 %
  - Solarer Deckungsgrad mindestens von 40 bis 50 %

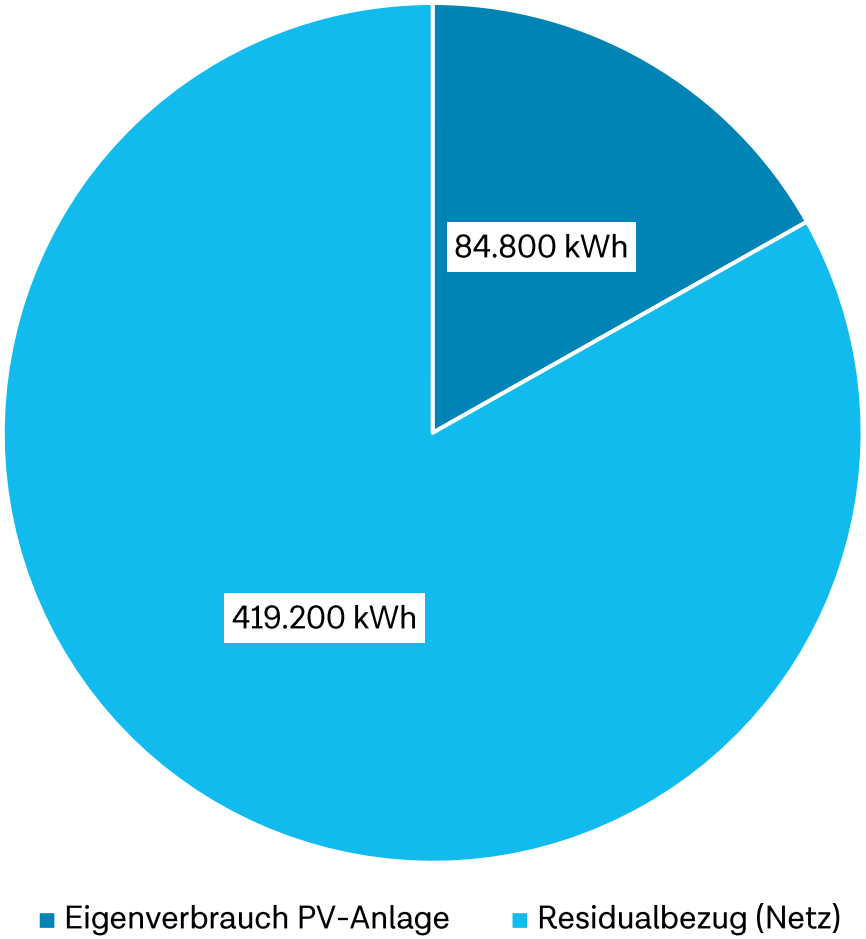
[1] Auslegung nach den Empfehlungen der HTW Berlin, d.h. Batteriespeicher mir einer Kapazität von ca. 170 bis 180 kWh

Ertragsprognose und Eigenverbrauch (Soll-Zustand)

Pot. Anlagennennleistung	ca. 110 kWp
Potenzielle Erträge	ca. 105.000 kWh/a
Jährlicher Stromverbrauch	ca. 504.000 kWh
Eigenverbrauchsanteil	ca. 80 %
Solarer Deckungsgrad	ca. 15 %

Rückbau BHKW und Installation einer Wärmepumpe

- Annahme zum Stromverbrauch:
  - 294.000 kWh WP
  - 210.000 kWh Nutzung
- Hoher Eigenverbrauchsanteil mit über 80 %
- Einsatz eines Batteriespeichers nicht sinnvoll aufgrund hoher Eigenverbrauchsquote



Auswahl der Unterkonstruktion

AVERDUNG

Flachdächer mit Bitumenbahnen/Kiesdach

- Durchdringungsfreie Installation mittels Ballastierung
- Ausreichende Druckfestigkeit der Wärmedämmung erforderlich



Beispiel der K2 Systems GmbH, K2 Dome 6 System – K2 Systems (abgerufen am 07.02.2025)

Gründächer (bestehend/geplant)

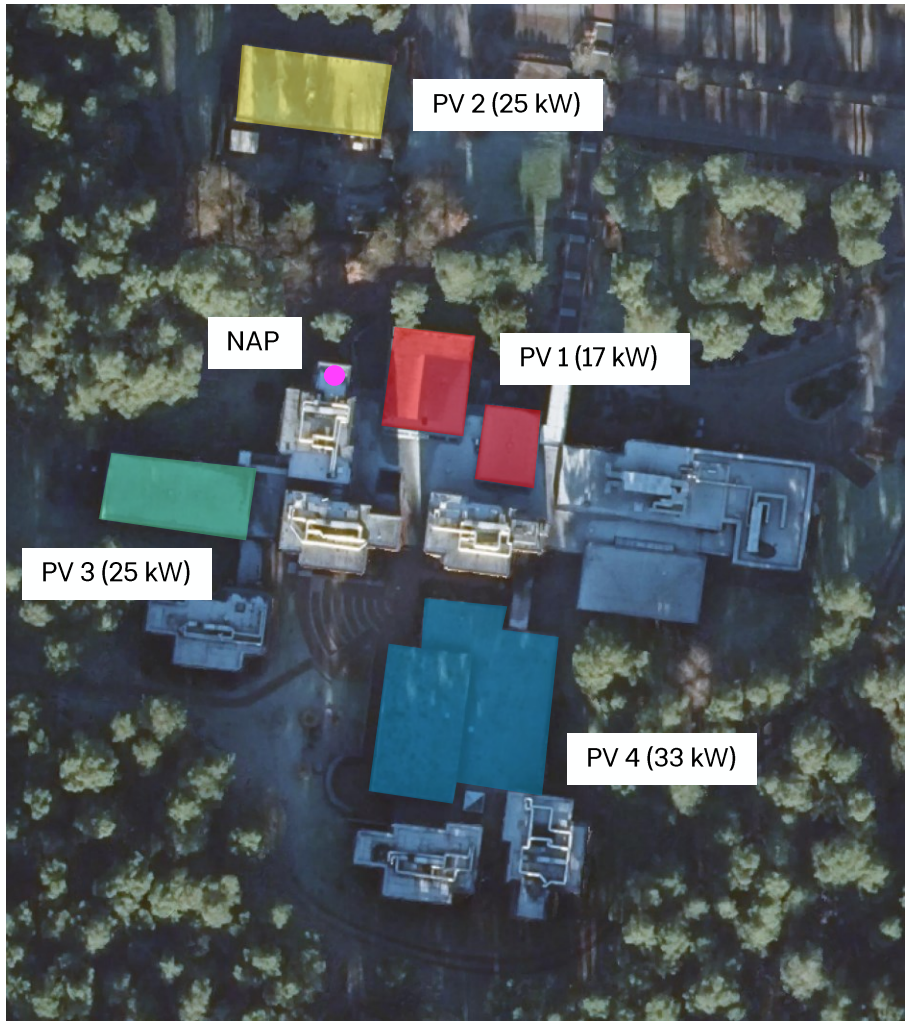
- Minimaler Eingriff in das Gründach
- Ausreichend Abstand zwischen Gründach und Modulunterkante



Beispiel der K2 Systems GmbH, K2 GreenRoof Vento – K2 Systems (abgerufen am 07.02.2025)

Netzanschluss

- Anschluss der PV-Anlage nach den Anforderungen der Niederspannungsrichtlinie (VDE-AR-N 4105)
- Kumulierte Wirkleistung am Netzanschlusspunkt (Wechselrichterleistung) maximal 135 kVA
- Zentraler NA-Schutz erforderlich ab 30 kVA
  - Separate Betrachtung je Anlage nicht möglich, da kumulierte Wirkleistung am Netzanschlusspunkt (NAP) ausschlaggebend
- Fernwirktechnik erforderlich ab 25 kWp
  - Zurzeit Funkrundsteuerempfänger ausreichend
  - Zukünftig ggf. Absenkung auf 7 kWp und Umstellung auf Smartmeter Gateway (Pflichtrollout), Abstimmung mit dem Netzbetreiber erforderlich



Netzanschluss

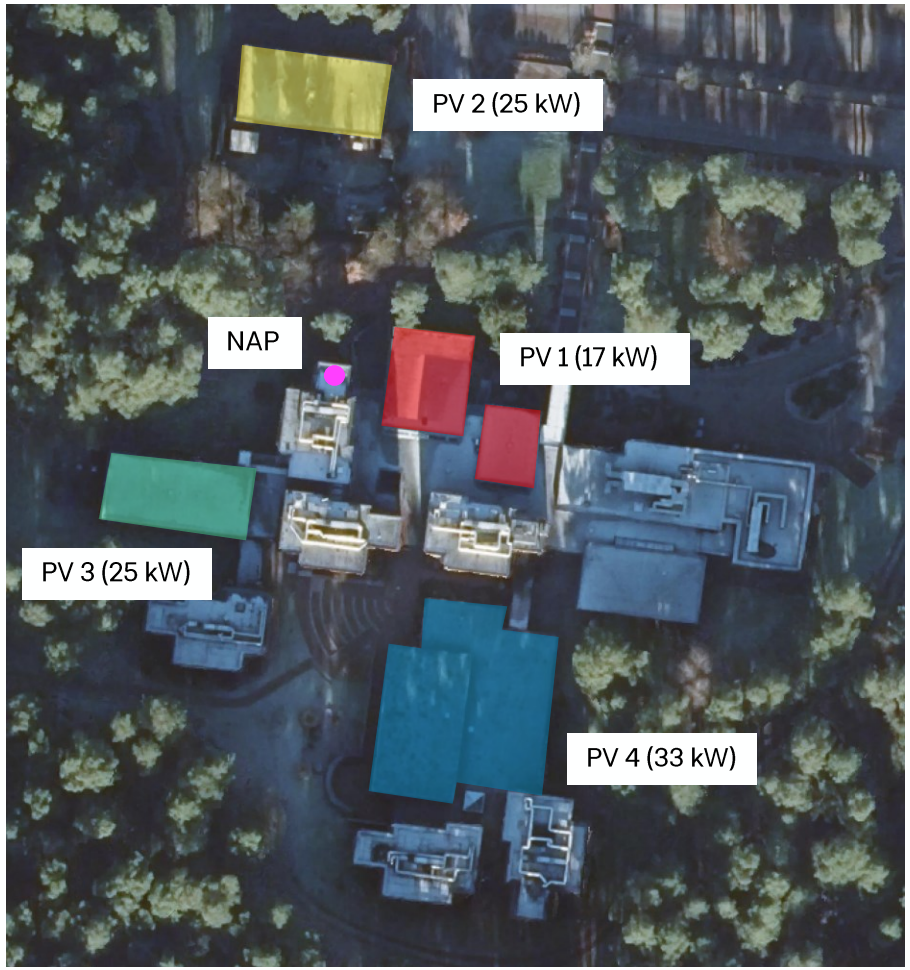
AVERDUNG

Empfehlung zur Anlagengröße

- Begrenzung der Wechselrichterleistung auf 135 kVA
- Begrenzung der Modulleistung auf max. 100 kWp*

´Umsetzung Netzanschluss

- Variante 1:
  - Je PV-Anlage (PV 1 bis 4) eine PV-Unterverteilung mit NA-Schutz und Leistungsschalter
  - Anschluss an Unterverteilung des Gebäudeteiles
  - Ggf. mehrere Datenlogger und Zähler
- Variante 2:
  - Separate Betrachtung PV 2 (siehe Variante 1)
  - Gemeinsame Unterverteilung für PV 1, 2 und 4
  - Lange Kabelwege im Gebäude (Brandschutzmaßnahmen!) zwischen Wechselrichter und PV-Unterverteilung am NAP



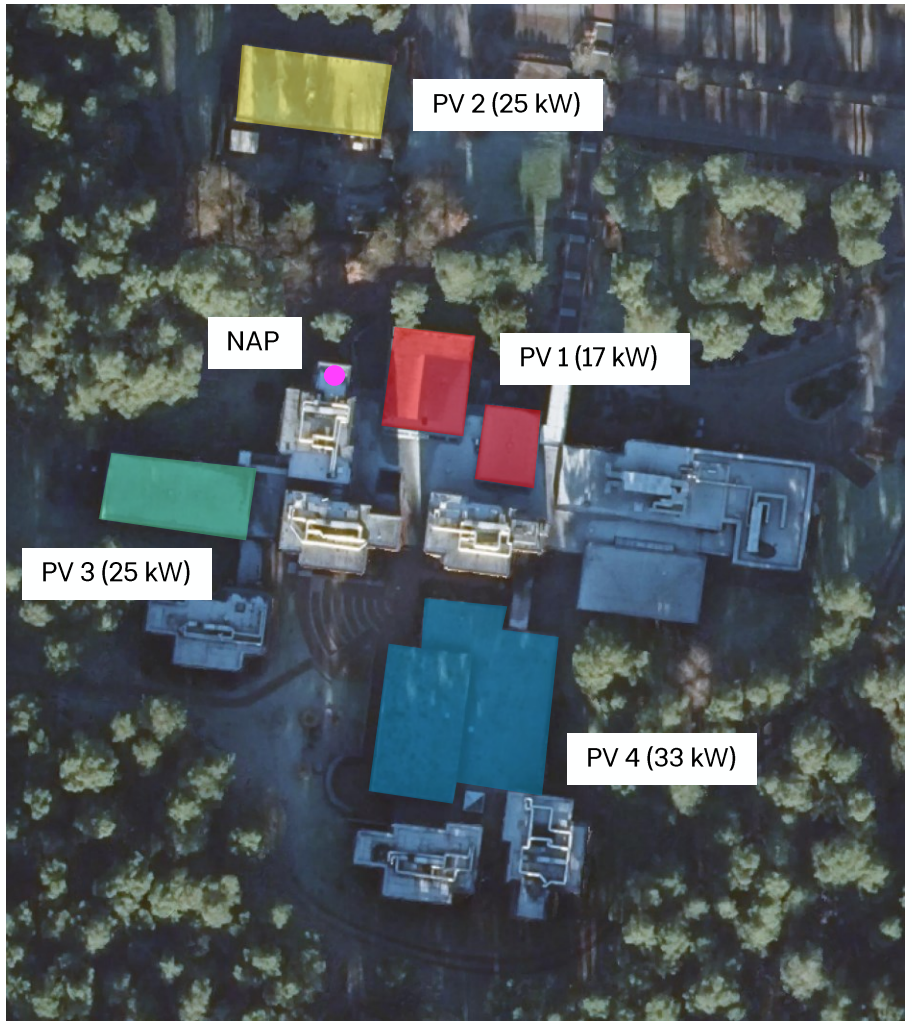
* Vermeidung von Mehrkosten (bis zu 15.000 €) durch umfangreiche Fernwirktechnik sowie Kommunikationstechnik zur Direktvermarktung

Netzanschluss

AVERDUNG

Nächste Schritte

- Anschlusskonzept mit Netzbetreiber (Avacon) abstimmen:
  - Umgang mit Bezugszählern (aktuell zwei Bezugszähler)
  - Abstimmung zum Schutzkonzept (NA-Schutz)
- Technisch-wirtschaftliche Abwägung gemeinsam mit Anlagenerrichter bezüglich Schutzkonzept



Agenda

AVERDUNG

- Bestandsaufnahme
- Schnittstellen zum Gebäude
- PV-Potenzial und Eigenverbrauch
- **Kostenschätzung**
- Zusammenfassung und Empfehlung

Kostenschätzung

AVERDUNG

PV-Anlage	Gebäude	Leistungsumfang	Leistung	Investitionskosten	Spezifische Kosten
PV 1	Saal Hamburg Saal Lüneburg	• Baustelle • DC-Montage (Module, Wechselrichter, etc.) • AC-Installationen (Kabel, NA-Schutz, Zähler, etc.) • Blitzschutz und Brandschutz	18 kWp	25.200 €	1.400 €/kWp
PV 2	Personalgebäude		20 kWp	24.000 €	1.200 €/kWp
PV 3	Saal Lübeck		25 kWp	30.000 €	1.200 €/kWp
PV 4	Flachbau Saal Berlin		35 kWp	42.000 €	1.200 €/kWp
Übergreifend	Alle	• Anmeldung MaStR und Netzbetreiber • Inbetriebnahme		5. 000 €	
Summe			**98 kWp**	**126.200 €**	**1.300 €/kWp**
Baunebenkosten	Alle	• Planung • Gutachten		20.000 €	
Summe			**98 kWp**	**146.200 €**	**1.500 €/kWp**

Wirtschaftlichkeit (Soll-Zustand)

Investitionskosten	146.200 €
Amortisationsdauer	5 bis 10 Jahre
Stromgestehungs-kosten (20 Jahre)	ca. 15 ct/kWh

- Grundlage: Soll-Zustand, d. h. nach Umsetzung aller Maßnahmen
- Annahmen zur Berechnung
  - Anlagenleistung: 98 kWp
  - Investitionskosten (PV): 146.200 €
  - Wartungsaufwand: 1,5 $\%_{Inv}$/Jahr
  - Konstanter Stromtarif für Restbezug: 35 ct/kWh
  - Vergütung nach EEG: 6,31 ct/kWh
  - Ausschließlich Eigenkapital
  - Inflation: 2 %, WACC*: 3 %

- PV-Anlage voraussichtlich wirtschaftlich darstellbar
  - Abhängig vom Stromtarif des Restbezugs
  - Genauere Abschätzung der Eigenverbrauchsquote mit gemessenem Lastgang möglich, falls vorhanden

- Batteriespeicher bei Installation einer Wärmepumpe technisch möglich, aber wirtschaftlich ggf. nicht sinnvoll
  - Kosten für Batteriespeicher: ca. 800 €/kWh
  - Abhängig von zukünftigem Strombedarf und resultierender Eigenverbrauchsquote

*WACC = Weighted Average Cost of Capital (Gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten)

Agenda

AVERDUNG

- Bestandsaufnahme
- Schnittstellen zum Gebäude
- PV-Potenzial und Eigenverbrauch
- Kostenschätzung
- **Zusammenfassung und Empfehlung**

Empfehlung zur Belegung

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie sind in folgender Bewertungsmatrix zusammengefasst:

Gebäude	Statik	Wärmedämmung	PV-Potenzial	Wirtschaftlichkeit	Gesamtbewertung
Saal Hamburg		Ausreichende Druckfestigkeit laut Datenblatt vorhanden Verbleibende Druck-festigkeit ist ggf. zu prüfen	Geringe Leistung		
Saal Lüneburg					
Wirtschaftstrakt			Kaum Leistung		
Personalgebäude					
Saal Lübeck					
Flachbau	Gründach-PV möglich		Erhöhte Verschattung, ggf. Moduloptimierer		
Saal Berlin					

- Es wird die Vollbelegung der „grünen“ sowie der „gelben“ Gebäude empfohlen.
- Ein Batteriespeicher kann den Eigenverbrauch kurzfristig signifikant erhöhen, verliert aber bei einer Installation einer Wärmepumpe an Bedeutung.

Hinweis in Umgang mit vermieteten Räumlichkeiten

Die Belieferung von vermieteten Räumen mit PV-Strom ist möglich, ist aber gegenüber dem Eigenverbrauch mit erhöhtem Aufwand verbunden. Hintergrund ist die fehlende Personenidentität nach EEG, d.h. der Anlagenbetreiber entspricht nicht dem Endverbraucher.

Das Vermarktungskonzept des Mieterstrommodell mit Contractor hat sich durchgesetzt.

Das seit dem Solarpaket 1 bestehende Konzept der sog. „Gemeinschaftlichen Gebäudeversorgung“ ist zwar rechtlich möglich, jedoch sind hierbei noch diverse Umsetzungshürden zu nehmen.

Jedes der Vermarktungskonzepte setzt Anforderungen an ein Mess- und Abrechnungskonzept voraus und ist mit unterschiedlichen Rechten und Pflichten verbunden.

Es wird eine technisch-rechtliche Beratung empfohlen.