

<b>PV-Anlage</b> Industrie/Handwerk Bearbeitungszeit:	Name, Vorname:	Klasse:	Datum:
---	----------------	---------	--------

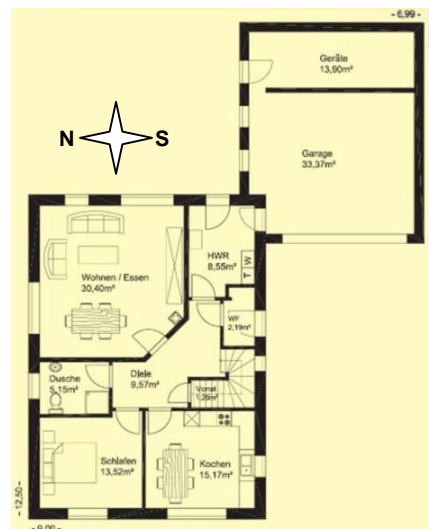
## Situationsbeschreibung

Familie Diehl möchte in Dillenburg (Mittelhessen) eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage auf dem Dach ihres Einfamilienhauses installieren lassen. Um den Ertrag der Anlage auf Jahre zu sichern, beabsichtigen sie zusätzlich den Abschluss eines Wartungsvertrages.



- Die Leistung der Anlage soll zwischen 5 und 10 kW betragen.
- Die zur Verfügung stehende Dachfläche beträgt ca. 60 m<sup>2</sup>, hat eine Neigung von 35° und ist genau nach Süden ausgerichtet.

Früh morgens werden kleine Teile der Dachfläche durch das Dach der angrenzenden Garage verschattet.



## Projektauftrag

Ihre Aufgabe ist es, dem Kunden eine optimale Lösungsmöglichkeit aufzuzeigen. Stellen Sie anhand praxisbezogener Unterlagen Ihre Konzeption dar.

Falls Sie noch zusätzliche Fragen an z. B. den Auftraggeber, die Nutzer oder Fachkräfte anderer Gewerke haben, schreiben Sie diese bitte zur Vorbereitung von Abstimmungsgesprächen auf.

Begründen Sie Ihren Lösungsvorschlag umfassend und detailliert.

**Kriterien/Indikatoren nach dem Kompetenzmodell**

Kriterium	1 Anschaulichkeit Präsentation	2 Funktionalität	3 Gebrauchswert	4 Wirtschaftlichkeit	5 Geschäfts- und Arbeitsprozess	6 Sozialverträglichkeit	7 Umweltverträglichkeit	8 Kreativität
	X	X	X	X	X	X	X	X

**PV-Anlage - Lösungsraum (Stichpunkte)****Kriterium 1: Anschaulichkeit/Präsentation**

Technologieschema oder andere Skizzen mit Erläuterungen  
 Stückliste der verwendeten Materialien (Module, Wechselrichter, Leitungen, Befestigungen usw.)  
 Stromlaufplan, Installationsplan  
 Zeit- und Arbeitsplanung  
 Kostenvoranschlag  
 Informationsmaterialien der Hersteller  
 Sind die Pläne und Skizzen auch für einen Nicht-Fachmann verständlich?

**Kriterium 2: Funktionalität**

Mittlere Jahressumme der Sonneneinstrahlung für die Anlage beträgt ca. 1035 kWh/m<sup>2</sup>  
 Beispiel für die technischen Daten eines Solarmoduls:  
 MPP-Leistung = 220 W  
 Nennspannung = 48,50 V  
 Kurzschlussstrom = 5,07 A  
 Leerlaufspannung = 59,10 V  
 Wirkungsgrad = 13,5 %  
 Abmessungen = 1610 x 1060 x 50  
 Gewicht = 24 kg  
 Zulassungen + Zertifikate = IEC 61215, Schutzklasse II, CE

Pro Kilowatt Spitzenleistung benötigt man für dieses Modul etwa 9 m<sup>2</sup> Fläche. Bei einer Anlage mit 27 Modulen und ca. 6 kW wird eine Fläche von 54m<sup>2</sup> benötigt.  
 Der zu erwartende Gesamtertrag pro Jahr bei obiger Sonneneinstrahlung beträgt ca. 7500 kWh.

Anlagenkonzept: Wegen der Verschattung des Daches ist es nicht zu empfehlen einen Zentralwechselrichter zu verwenden. Günstig wäre ein Aufbau mit 3 Strängen (Strings) und mit jeweils 9 Solarmodulen.

Die 3 Wechselrichter müssen entsprechend der zu erwartenden Eingangsspannung ausgewählt werden.  
 Reihenschaltung von 9 Modulen = max. Eingangsspannung beträgt 532 V.

Da die Dacheindeckung noch in einem sehr guten Zustand ist wird eine Aufdachmontage günstig sein – bester Ertrag durch die Hinterlüftung der Module!

**Kriterium 3: Gebrauchswert**

Bedienung, Auswahl und Anordnung der Betriebsmittel

Anleitung für die Wartung, Wartungshinweise

Dokumentation des Energieertrages, Erfassen und Dokumentieren der Messwerte

Zugang zur Anlage, zu den Anlagenkomponenten

**Kriterium 4: Wirtschaftlichkeit**

Gibt es Kosten/Nutzen Überlegungen? Anschaffungs-/ Herstellungskosten, Betriebskosten, Instandhaltungsaufwand, Folgekosten.

Kosten: Pro kW installierte Leistung werden ca. 5000,- Euro benötigt. Für dieses Anlage also ca. 30.000 Euro

Auswahl der Module, Leitungsverluste

**Kriterium 5: Geschäfts- und Arbeitsprozess**

Gespräche/Nachfragen beim VNB, Gespräche mit Meister/Mitarbeitern

Wurde bei der Lösung auf die Kundenanforderungen eingegangen?

Wurden besondere Rahmenbedingungen bei der Installation aufgeführt?

Wurden für die Durchführung der Dachmontage Fachkräfte aus anderen Gewerken herangezogen (z.B. Dachmontage der Trägerkonstruktion für die Module)?

Wurde eine Kundenübergabe eingeplant?

Gab es einen Zeitplan?

**Kriterium 6: Sozialverträglichkeit**

Berücksichtigung des Arbeitsschutzes, Unfallgefahr, Sicherheitsmaßnahmen bei der Montage

Wurden die Sicherheitsbestimmungen an elektrischen Anlagen beachtet? (z.B. Montage der Module, Wechselrichter, Netzankopplung)

**Kriterium 7: Umweltverträglichkeit**

Umweltfreundliche Energieerzeugung, Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduktion

Geringe Leitungsverluste

Wurde erwähnt, dass umweltfreundliche Stoffe eingesetzt wurden (z.B. PVC- und halogenfreie Leitungen)?

Hinweis auf Möglichkeiten der Energieeinsparung im Einfamilienhaus

Gibt es in der Lösung Hinweise auf Umweltschutzbestimmungen?

**Kriterium 8: Kreativität**

Anordnung der Module, Integration in das vorhandene Dach

Hinweise und Empfehlungen für Möglichkeiten zur Energieeinsparung im Einfamilienhaus

Vorschlag für eine thermische Solaranlage (z.B. Solarkollektoren auf dem Garagendach)

**Weitere Lösungshinweise:**

## Planungscheckliste

<b>1. Planung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachliche Beratung einholen</li> <li>• Bauliche Voraussetzungen prüfen</li> <li>• Ausstattungskriterien festlegen</li> <li>• Größe und Kosten ermitteln</li> </ul>
<b>2. Baugenehmigung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baugenehmigung einholen</li> <li>• Einspeisebedingungen ins Netz abklären</li> </ul>
<b>3. Kosten und Finanzierung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten nutzen</li> <li>• Förderanträge rechtzeitig stellen und Bewilligungsbescheid abwarten</li> </ul>
<b>4. Auftrag erteilen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkvertrag abschließen</li> <li>• Anmeldung beim VNB</li> </ul>
<b>5. Installation durch Fachbetrieb</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montage der Solarmodule, der Gleichstromverkabelung und Blitzschutz</li> <li>• Zählerplatzumbau</li> <li>• Elektroinstallation und Netzanschluss</li> <li>• Fertigstellungsmeldung beim VNB</li> </ul>
<b>6. Inbetriebnahme und Einweisung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einweisung durch den Fachbetrieb</li> </ul>
<b>7. Betrieb</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieernte</li> <li>• Wartung</li> </ul>

## Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweise
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solarmodule lassen sich <b>nicht spannungsfrei</b> schalten, denn sie erzeugen bei Lichteinfall immer eine Gleichspannung.</li> <li>• Die <b>Kurzschluss-Stromstärke</b> liegt nur ca. 20 % über der <b>Bemessungsstromstärke</b>, da der Innenwiderstand von Solarmodulen sehr groß ist. Bei Sicherungen oder RCDs ist auf die <b>Gleichstromtauglichkeit</b> [suitable for d.c.] für PV-Anlagen zu achten.</li> <li>• Werden Kontakte unter Last getrennt, können <b>Lichtbögen</b> entstehen. Sie verlöschen bei Gleichstrom nicht selbsttätig. Verbrennung und Verblitzung können die Folge sein.</li> <li>• Da der Stromfluss durch keine Sicherung unterbrochen wird, kann die Einwirkzeit bei einem elektrischen Schlag durch Berühren von frei liegenden Kontakten lang sein.</li> </ul> <p>Das Befolgen einer Checkliste dient der passiven Sicherheit bei der Montage von Solarmodulen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Schalten Sie die PV-Anlage bei allen DC-seitigen Arbeiten mit dem Gleichstromhauptschalter lastfrei.</li> <li>✓ Führen Sie keine elektrisch leitenden Teile in Stecker und Buchsen ein.</li> <li>✓ Montieren Sie die Solarmodule nicht mit nassen Werkzeugen, Steckern und Buchsen.</li> <li>✓ Verwenden Sie nur einadrige und doppelt isolierte Kabel zum Verschalten der Module.</li> <li>✓ Führen Sie alle Arbeiten an den Kabeln mit äußerster Vorsicht durch und verwenden Sie isolierte Werkzeuge und Handschuhe.</li> <li>✓ Überprüfen Sie vor Inbetriebnahme der Anlage noch einmal sorgfältig die Verschaltung der Solarmodule.</li> </ul>

Die elektrische Installation muss von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden. Sie sollte folgende Hinweise beachten.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Vermeidung von Kurz- und Erdschluss Isolationswiderstand messen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leiterquerschnitt der Gleichstromleitung durch Widerstandsmessung prüfen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richtige Polung der Gleichstromhauptleitung überprüfen. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verpolung führt zur Zerstörung des Wechselrichters.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschaltung der Module untersuchen. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stromstärke- und Spannungskennwerte der PV-Anlage messen und mit geplanten Bemessungswerten vergleichen.</li> <li>- Stromstärkemessung berührungslos mit einem Zangenstrommesser durchführen, um einen Lichtbogen zu vermeiden.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromstärke nicht während des Betriebs zwischen Plus und Minus am Wechselrichter messen. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Der eingangsseitige Kondensator im Wechselrichter würde sich dabei über das Messgerät entladen und es überlasten.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• An den Eingangsklemmen des Wechselrichters liegt nach Abschaltung der Module noch einige Minuten eine Spannung. Hervorgerufen wird sie durch einen Kondensator, der bei normalem Betrieb der Anlage aufgeladen wird.</li> </ul>



## Blitz- und Überspannungsschutz

Bei Anlagen unter 10 kW ist dieser Schutz nicht vorgeschrieben, aber zu empfehlen. Fangeinrichtungen müssen so angebracht werden, dass sie keine Verschattung hervorrufen.

## Beispiel eines Inbetriebnahmeprotokolls

<p><b>Allgemeine Daten</b>  <b>Anschrift des Betreibers</b>            Name: <i>Klaus-Peter Diehl</i>            Straße: <i>Bergweg 18</i>            Ort: <i>35713 Eschenburg</i></p> <p><b>Anlagenstandort:</b> <i>siehe Anschrift</i></p> <p><b>Inbetriebnahme am:</b> <i>01.08.2007</i></p> <p><b>Inbetriebnahme durch:</b>            Firma: <i>Elektron-Rauch</i>            Name: <i>Christoph Rauch</i>            Straße: <i>Marktplatz 2</i>            Ort: <i>35713 Eschenburg</i></p> <p><b>Daten der PV-Anlage</b>  <b>Module</b>            Montageort: <i>Schrägdach</i>            Ausrichtung: <i>Süd</i>            Neigung: <i>35°</i>            Anzahl der Module: <i>14 Stück</i>            Anzahl der Modulstränge: <i>2</i>            Abschattung von Modulen: <i>nicht möglich</i></p> <p><b>Leitungen</b>            Leitungstyp der Modulverkabelung: <i>Solar-Kab °C</i>            Leitungstyp der Gleichstromhauptleitung: <i>"</i>            Generatoranschlusskastentyp: <i>Max Connect plus</i>            Gleichstromhauptschaltertyp: <i>integriert</i>            Wechselrichtertyp: <i>Sunny Boy SB 2500</i>            Verwendete Schutzeinrichtungen: <i>siehe Anlage</i>            Montagegestell geerdet: <i>Ja</i>            Überspannungsschutzgerät geerdet: <i>Ja</i></p>	<p><b>Prüfung Solarmodule</b>            Strangleerlaufspannung: <i>336 V</i>            Strangkurzschluss-Stromstärke: <i>6,8 A</i>            Leerlaufspannung am GAK-Ausgang: <i>334 V</i>            Kurzschluss-Stromstärke aller Module: <i>13,6 A</i></p> <p><b>Sichtprüfung und Funktionskontrolle</b>            Feinsicherungen geprüft: <i>i. D.</i>            Überspannungsschutzgerät: <i>i. D.</i></p> <p><b>Prüfung Wechselrichter</b>            Verbindung zwischen DC-Freischaltstelle und Wechselrichter herstellen. Verbindung zum Netz bleibt noch offen.            • Anzeige Wechselrichter: <i>Netzfehler</i>            Verbindung zwischen Wechselrichter und Netz herstellen.            • Anzeige Wechselrichter: <i>Bereitschaft</i></p> <p><b>Gleichstrommesswerte</b>            Solarspannung im MPP: <i>268 V</i>            Stromstärke im MPP: <i>7,46 A</i>            Leistung im MPP: <i>2,0 kW</i>            Erzeugte Gesamtleistung: <i>14,8 kW</i></p> <p><b>Wechselstrommesswerte</b>            Netzspannung: <i>230 V</i>            Stromstärke: <i>7,8 A</i>            Netzfrequenz: <i>50 Hz</i>            Einspeiseleistung: <i>1,8 kW</i>            Eingespeiste Gesamtleistung: <i>13,3 kW</i></p> <p><b>Prüfung der Netzüberwachung</b>            Unterbricht der Wechselrichter die Einspeisung            • Abschalten des LS-Schalters: <i>Ja</i>            • Abschalten der RCD: <i>Ja</i></p>
--	--

## Beispiel für die Inhalte eines Wartungsvertrags

<p><b>Module und Leitungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sichtprüfung der Module und Leitungen</li> <li>• Überprüfung des Montagegestells der Module</li> <li>• Intensive Reinigung der Module</li> </ul>
<p><b>Generatoranschlusskasten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung auf eventuelle Feuchtigkeit und Verschmutzung</li> <li>• Leerlaufspannung der Modulstränge messen</li> <li>• Überprüfung der Strangsicherungen und Überspannungsschutzgeräte</li> <li>• Überprüfung der Schraubklemmen</li> </ul>
<p><b>Wechselrichter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Wechselrichterfunktionen</li> <li>• Reinigung der Wechselrichter-Lüftungsöffnungen</li> <li>• Prüfung der Sicherheitseinrichtungen</li> </ul>
<p><b>Zähler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auslesen und dokumentieren des Anlagenertrages</li> <li>• Überprüfung der Sicherungen</li> </ul>