

Aufgabe 1:

Mit einer Anmeldung einer PV-Anlage im bestehenden NS-Netz, in Musterhausen Mittelstraße 5 ist es notwendig eine Anschlussbewertung durchzuführen.

Netzplan:

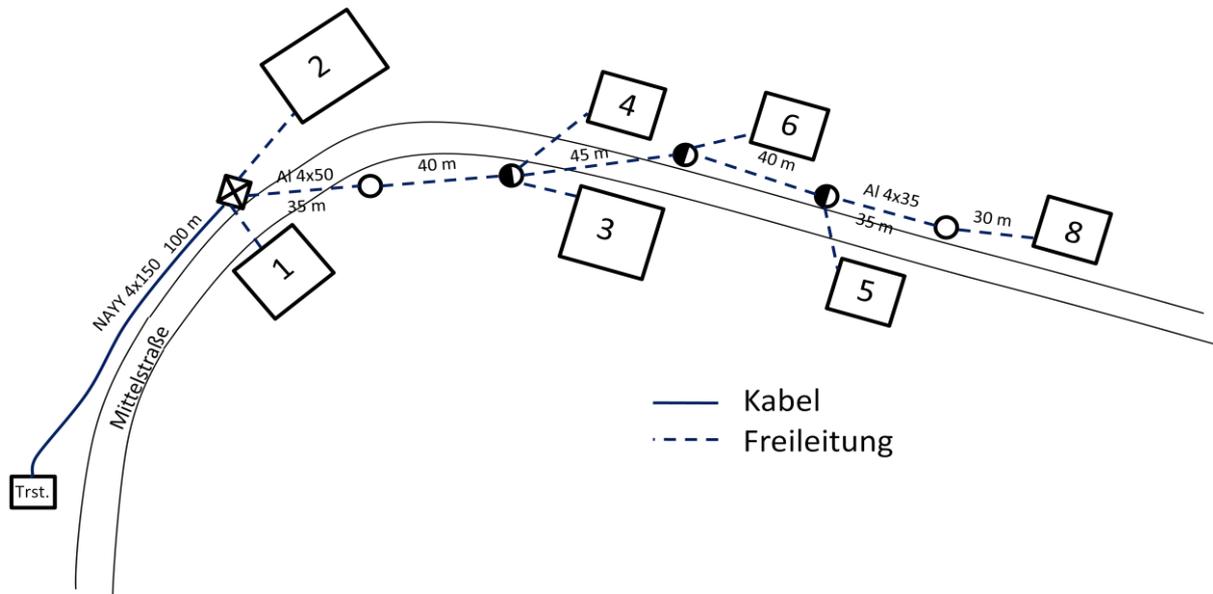


Abbildung 1: Netzplan des NS-Netzes

Netz-Daten: MS-Netz: 20 kV NS-Netz: 0,4 kV

Transformatordaten: Öltransformator

$$S_N = 160 \text{ kVA} \quad u_k = 3,94 \%$$

Lastdaten: Mittelstraße 1 – 3: 2 WE

Mittelstraße 4 – 8: 1 WE

Maximallast pro WE: 18 kW

Minimallast pro WE: 1,5 kW

Gleichzeitigkeitsfaktor: $g = 0,5$ bei Maximallast

$g = 1$ bei Minimallast

Daten der PV-Anlage: siehe Anmeldeformular für Mittelstraße 5

Hinweise:

1. NS-Netz mit CERBERUS nachbilden
2. Kurzschlusslast am Einspeisepunkt berechnen
(mit CERBERUS Anschlußpunkt-Analyse)
3. Bewertung von:
 - Spannungsanhebung
 - Erhöhung des Kurzschlussstromes
 - Schaltbedingte Spannungsänderung

- Oberschwingungen und Zwischenharmonische
 - Unsymmetrische Ströme
 - Rückwirkungen auf Rundsteueranlagen
4. Ergebnis!
 5. Gegebenenfalls Verbesserungen durchführen und im CERBERUS umsetzen

Aufgabe 2:

Mit der Anmeldung einer weiteren PV-Anlage in der Mittelstraße 8, in Musterhausen, wird eine weitere Anschlussbewertung notwendig.

Daten der PV-Anlage: siehe Anmeldeformular Mittelstraße 8

Hinweise:

1. Bei dem schon nachgebildeten NS-Netz im CERBERUS eine weitere Einspeisung hinzufügen
2. Am generierten NS-Netz mit 2 Einspeisungen eine EEA-Analyse im CERBERUS durchführen
3. Ergebnis!
4. Gegebenenfalls Verbesserungen durchführen und im CERBERUS umsetzen

<input checked="" type="checkbox"/> Anmeldung zum Anschluss einer PV-Anlage <small>an das Versorgungsnetz (Strom)</small> <input type="checkbox"/> Inbetriebsetzung <input type="checkbox"/> Teil-Inbetriebsetzung <small>Erläuterungen auf der Rückseite</small>		Eingangsvermerk (VNB)																																										
Anschrift des Verteilungsnetzbetreibers (VNB) Netzgesellschaft <small>Name des VNB</small> Postfach <small>Straße und Haus-Nr. bzw. Postfach</small> Postleitzahl Ort Fax	Angaben zum Netzanschluss (Lageplan beifügen) Musterlein <small>Kunde (Name, Vorname bzw. Firmenname)</small> Mittelstraße 5 <small>Straße u. Haus-Nr.</small> Ortsteil / Flurstück-Nr. / Etage 99999 Musterhausen <small>Postleitzahl Ort</small> 365/2544863 <small>Bei vorhandener Anlage: Kundennummer oder Zähleummer</small>																																											
Anlagenbetreiber: Musterlein <small>Name, Vorname bzw. Firmenname</small> Mittelstraße 5 <small>Straße und Haus-Nr.</small> 99999 Musterhausen <small>Postleitzahl Ort</small> Telefon / Fax / E-Mail		Datum, Unterschrift (Betreiber) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> Zustimmung des Grundstückseigentümers liegt vor <input checked="" type="checkbox"/> <small>bei Abweichungen vom Kunden, bitte Kontaktdaten unter Bemerkungen eintragen</small> <div style="text-align: right;"> MUSTERLEIN <small>Datum, Unterschrift (Eigentümer) Name in Druckschrift</small> </div> </div>																																										
Photovoltaikanlagendaten: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Moduldaten: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Anzahl</th> <th>Modultyp</th> <th>Leistung Wp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>129</td> <td>Isofoton/ I-106/12</td> <td>106</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr> <td colspan="2">Modulleistung gesamt:</td> <td>13,7 kWp</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;"> Wechselrichterdaten: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Anzahl</th> <th>Wechselrichtertyp</th> <th>Nennleistung kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>SUNNY BOY / 5000TL</td> <td>5</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr> <td colspan="2">Wechselrichternennleistung gesamt:</td> <td>15 kW</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>			Anzahl	Modultyp	Leistung Wp	129	Isofoton/ I-106/12	106													Modulleistung gesamt:		13,7 kWp	Anzahl	Wechselrichtertyp	Nennleistung kW	3	SUNNY BOY / 5000TL	5													Wechselrichternennleistung gesamt:		15 kW
Anzahl	Modultyp	Leistung Wp																																										
129	Isofoton/ I-106/12	106																																										
Modulleistung gesamt:		13,7 kWp																																										
Anzahl	Wechselrichtertyp	Nennleistung kW																																										
3	SUNNY BOY / 5000TL	5																																										
Wechselrichternennleistung gesamt:		15 kW																																										
Messung: <input checked="" type="checkbox"/> Direktmessung <input type="checkbox"/> Wandlermessung <input type="checkbox"/> Kundeneigene Messung <input type="checkbox"/> Gemeinsame Messung für mehrere Anlagen nach EEG																																												
Terminwunsch: _____ Bemerkungen: _____																																												
Elektrofachbetrieb: Muster ELEKTRO <small>Firmenname</small> Siegerstraße 22 <small>Straße und Haus-Nr.</small> 99999 Musterhausen <small>Postleitzahl Ort</small>	<small>Firmenstempel</small> <small>Telefon / Fax / E-Mail</small>	Eingetragen bei: Netzgesellschaft <small>Verteilnetzbetreiber</small> 55555 <small>Ausweisnummer</small> <small>Datum Unterschrift</small>																																										
Erklärung: <small>Die aufgeführte(n) Installationsanlage(n) ist/sind unter Beachtung der geltenden Rechtsvorschriften und behördlichen Verfügungen sowie nach den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere nach den DIN VDE Normen, den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) und den sonstigen besonderen Vorschriften des oben genannten VNB von mir/uns errichtet und fertiggestellt worden. Die Ergebnisse der Prüfung werden dokumentiert. Die Anlage kann gemäß NAV und TAB in Betrieb gesetzt werden. Soweit erforderlich, wird die Inbetriebsetzung im Namen des/der Netzanschlusskunden beantragt.</small>																																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Datum, Ort Unterschrift der eingetragenen verantw. Elektrofachkraft Name in Druckschrift </div>																																												

Lösung:

Zu Aufgabe 1:

1. Netznachbildung in CERBERUS

- auf die jeweiligen Hausanschlüsse wurde verzichtet, da der Mast der Lastpunkt ist

2. In CERBERUS Anschlußpunkt-Analyse

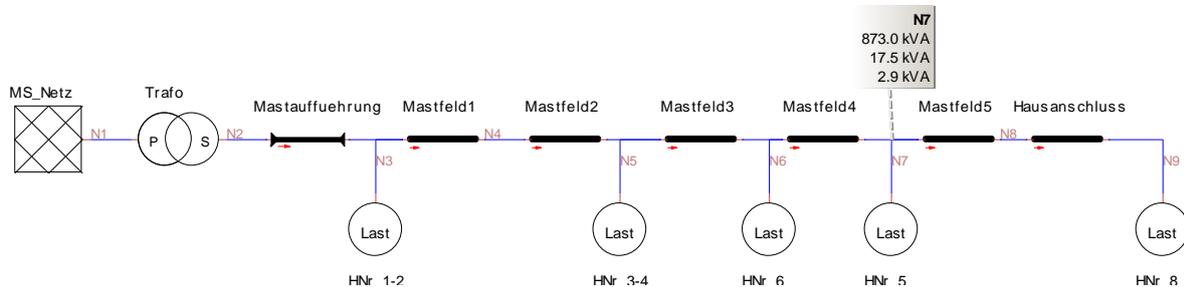


Abbildung 2: CERBERUS-Plan für Anschlußpunkt-Analyse der PV-Anlage1

Die Anschlußpunkt-Analyse im CERBERUS ergibt für die Hausnummer 5 in der Mittelstraße eine Kurzschlussleistung von 873 kVA. Man erkennt auch die maximale Einspeiseleistung 3phasig bzw. 1phasig. Dennoch wird eine weitere Bewertung durchgeführt:

3. Bewertung:

Spannungsanhebung:

$$k_{KL} = \frac{S_{KV}}{\sum S_{A_{max}}} = \frac{873 \text{ kVA}}{15 \text{ kVA}} = 58,2$$

Das Verhältnis zwischen Kurzschlussleistung und Einspeiseleistung liegt über 50. Demnach ist mit keiner Spannungsanhebung zu rechnen.

Erhöhung des Kurzschlussstromes:

Der Wechselrichter steuert kein Vielfaches zum Kurzschlussstrom hinzu.

Demzufolge ist die Erhöhung des Kurzschlussstromes zu vernachlässigen.

Schaltbedingte Spannungsänderung:

$$\Delta u_{max} = k_{i \max} * \frac{S_{nE}}{S_{KV}} = 1 * \frac{15 \text{ kVA}}{873 \text{ kVA}} = 1,72 \%$$

Die maximale Spannungsänderung liegt unter 3 % und ist somit zulässig.

Oberschwingungen und Zwischenharmonische

Für den Wechselrichter gibt es eine Konformitätserklärung. Die Kriterien sind damit erfüllt.

Unsymmetrische Ströme

Da die PV-Anlage 3phasig einspeist treten im normalen Betriebszustand keine unsymmetrischen Ströme auf.

Rückwirkungen auf Rundsteueranlagen

Vom Wechselrichter sind keine unzulässigen Rückwirkungen auf Rundsteuersignale zu erwarten.

4. Ergebnis:

Der Anschluss der PV-Anlage am Verknüpfungspunkt ist zulässig. Somit müssen keine Verbesserungen am Netz vorgenommen werden.

Zu Aufgabe 2:

1. Im CERBERUS PV-Anlage 2 hinzugefügt
2. Mit CERBERUS eine EEA-Analyse durchgeführt:

Es wird mit Minimallast gerechnet und dabei der Gleichzeitigkeitsfaktor auf 1 belassen.

Die PV-Anlage 1 mit 15 kVA und die PV-Anlage 2 mit 9 kVA, da 1phasig 3 kVA einspeisen.

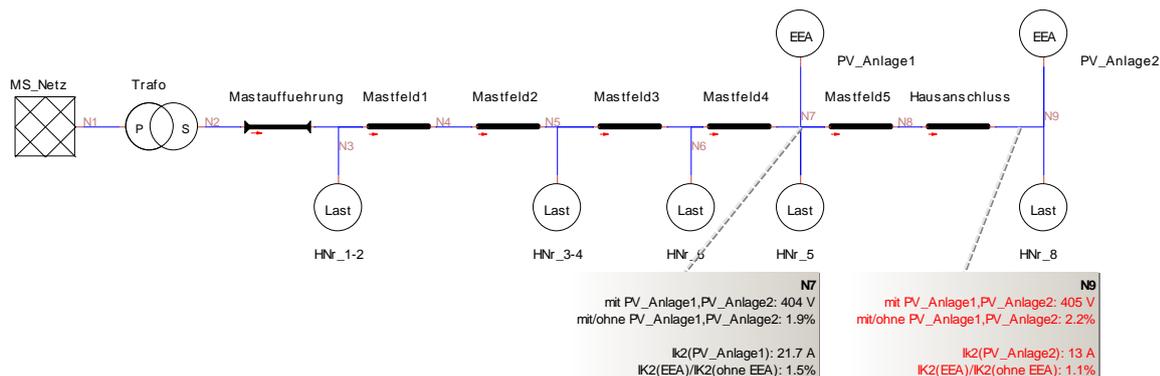


Abbildung 3: CERBERUS-Plan für EEA-Analyse beider PV-Anlagen

3. Ergebnisse:

Mit der Anmeldung der PV-Anlage 2 gibt es eine unzulässige Spannungsüberhöhung im Verknüpfungspunkt. Es dürfen maximal 2 % Spannungsüberhöhung auftreten. Im Verknüpfungspunkt der PV-Anlage 2 sind es 2,2%. Mit dem Anschluss der PV-Anlage 2 muss ein Netzausbau in Betracht gezogen werden.

4. Möglichkeiten zur Verbesserungen am NS-Netz:

Transformatorwechsel:

Erst mit einem Wechsel auf einen 630 kVA Transformator hat man die Maximalen 2 % Spannungsüberhöhung am Verknüpfungspunkt der PV-Anlage 2. ABER: Ein Transformator ist teuer und es würden im normalen Betriebszustand hohe Verluste am Transformator auftreten.

Neue Transformatorstation:

Eine neue Transformatorstation würde Abhilfe bringen und die Spannungserhöhung stark reduzieren. ABER: Eine Planung einer neuen Trst. dauert sehr lang und ist sehr kostenintensiv, und aufgrund der derzeitigen Belastungen auch nicht sinnvoll.

Parallelleitung:

Da es sich noch um Al 4x50² handelt, nicht umsetzbar. Da nur noch Luftkabel als Freileitung im NS-Bereich verwendet wird und beide Systeme gleichzeitig unzulässig wären.

Freileitung mit Kabel ersetzen:

Wäre denkbar doch müssten alle Hausanschlüsse veränderter werden, ein Kabelstrecke gefunden werden und die bestehende Freileitung abgerissen werden. Dies alles wäre teuer und aufwendig in der Umsetzung.

Leitungsquerschnitterhöhung mit Luftkabel:

Die Freileitung mit einem Luftkabel höheren Querschnitts ersetzen. Und bei weiteren Anmeldungen wäre eine Doppelleitung denkbar und ist zudem die preiswerteste Variante.

Es wurde das Luftkabel NFASX 95² und für Hausanschluss 35² verwendet.

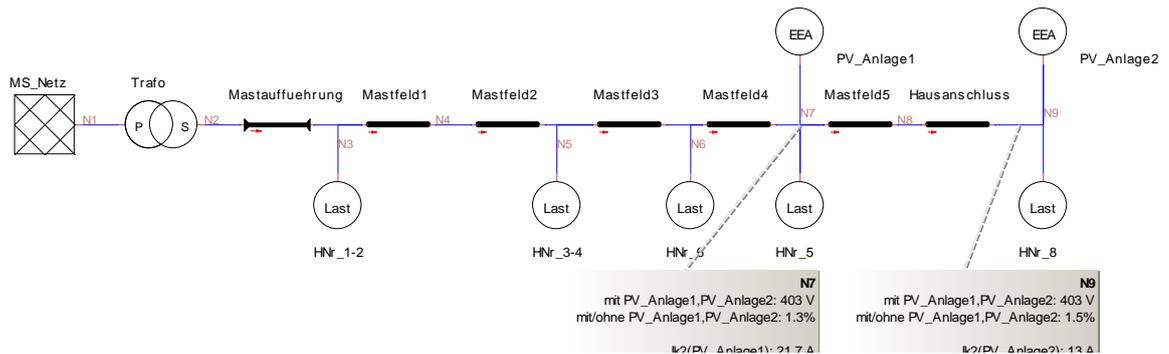


Abbildung 4: CERBERUS-Plan mit beiden PV-Anlagen und Luftkabel

Mit dem Wechsel des Freileitungssystems auf Luftkabel, liegt die maximale Spannungsüberhöhung bei 1,5 % und ist demnach zulässig.

Speicher einsetzen:

Die Möglichkeit Speicher einzusetzen gibt es zurzeit nur theoretisch und ansatzweise praktisch. Aber es wäre eine gute Alternative zum Netzausbau, da es nur selten vorkommt, dass alle Wohneinheiten zur gleichen Zeit minimale Last haben und die Einspeisungen maximal sind. Die Situation könnte ein Speicher gut überbrücken und würde außerdem zur Netzstabilisierung beitragen.

5. Schlussfolgerung:

Ein Netzausbau mit Luftkabel wäre am sinnvollsten, da es wenig Aufwand macht und geringe Kosten für das EVU entstehen. Die weiteren Bewertungskriterien sind wie bei Aufgabe 1.

Somit kann dem Anschluss der PV-Anlage 2 statt gegeben werden, wenn ein Netzausbau mit Luftkabel 95² bzw. 35² für die Hausanschlüsse erfolgt.

Theorie:

Eine Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) gilt als Eigenerzeugungsanlage.

Sie sind Anlagen die elektrische Energie erzeugen. Diese Energie wird eingespeist oder selber verbraucht. Sie ist im Besitz von Unternehmen, Betrieben oder Privatpersonen, die nicht Netzbetreiber im Hauptbetrieb sind. [TAB]

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine netzgekoppelte Anlage.

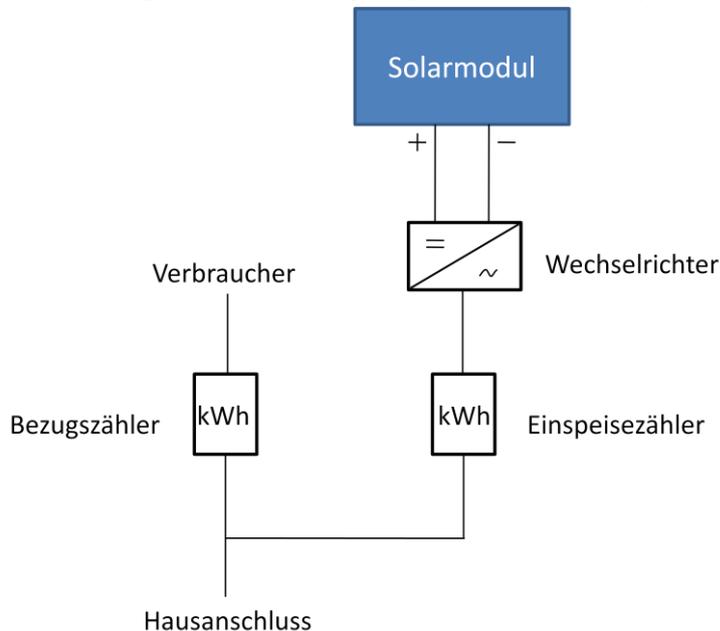


Abbildung 5: Schema einer netzgekoppelten Anlage

Der Wechselrichter, wie in Abbildung 1 zusehen, richtet die erzeugte Gleichspannung aus den Solarmodulen in eine Wechselfspannung für das bestehende NS-Netz um. Weiterhin ist der Wechselrichter die Informationszentrale für den Kunden und eine Schutzeinrichtung gegen Verpolung, Überspannung oder Überlast. Es gibt verschiedenste Ausführungen und Hersteller.

Bei einem Anschluss an das bestehende NS-Netz müssen folgende Kriterien betrachtet sowie erfüllt werden:

- **Spannungsanhebung**
Das Verhältnis zwischen Kurzschlussleistung und Einspeiseleistung muss über 50 liegen um eine Spannungsanhebung zu vermeiden
- **Erhöhung des Kurzschlussstromes**
Kann vernachlässigt werden, da ein Wechselrichter kein vielfaches des Kurzschlussstromes einspeist.
- **Schaltbedingte Spannungsänderung**
Die Spannungsänderung durch eine PV-Anlage darf höchstens 2%, am Einspeisepunkt, betragen.
- **Oberschwingungen und Zwischenharmonische**
Für jeden Wechselrichter werden die Kriterien in einer Konformitätserklärung erläutert und sind demnach erfüllt.
- **Unsymmetrische Ströme**

Die maximale Einspeisung an einem Außenleiter im NS-Netz beträgt 4,6 kVA. Jede größere Anlage muss mehrphasig angeschlossen werden.

- Rückwirkungen

Rückwirkungen können Oberschwingungen oder Spannungsschwankungen sein, diese ins Netz gespeist werden. Sie können unter Umständen andere Versorgungskunden stören. Aufgrund der Normen (DIN EN 61000), welche die Maximalwerte vorgeben, sind einzelne Anlagen hinsichtlich Oberschwingungen unkritisch. Erst bei längeren Leitungen bzw. Kabel sowie mehreren großen Anlagen sollte eine Kontrolle mittels Berechnungssimulation erfolgen. [Zacharias] Spannungsschwankungen sind auch erst bei hoher Durchdringung und demzufolge hoher Einspeiseleistung vorhanden. Bei ansonsten geringer Einspeiseleistung sind kaum Spannungsschwankungen im Netz zu erwarten.