



Die Anzahl der Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) nimmt von Jahr zu Jahr zu. Die Erzeugung von Strom aus Sonnenlicht wird meist nur aus rein ökonomischen Gründen als Rechenexempel dargestellt. Eine Bewertung nach elektrobiologischen Gesichtspunkten, also nach der Verträglichkeit von elektromagnetischen Feldern (EMF / EMV / EMVU) wird meistens weggelassen.

Die **Elektrobiologie** sowie die **Bio-Elektrotechnik**[®] der Schweizer Arbeitsgemeinschaft für biologische Elektrotechnik SABE[®] empfehlen generell **emissionsfreie** oder zumindest **emissionsarme** elektrische Installationen und Anlagen.

Somit muss auch eine Photovoltaik-Anlage genauer betrachtet werden. Diese grundlegenden Empfehlungen sind nicht nur für die Bauherrschaft wichtig, sondern auch für Architekten, Elektroplaner, etc..

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 2 von 12

Inhaltsverzeichnis

Grundlegende Betrachtung der Felder einer Photovoltaik-Anlage.....	3
1) Solar-Module (Paneelen).....	4
2) Verbindungsleitungen zwischen Modulen.....	4
3) Transportleitung zwischen Modulen und Wechselrichter.....	4
4) Wechselrichter / Inverter.....	5
5) Elektroinstallation / Elektro-Zuleitung des Hauses.....	6
Wie sieht das in der Praxis aus?.....	7
1) Solar-Module (Paneelen).....	7
2) Verbindungsleitungen zwischen Modulen – DC Verkabelung.....	8
3) Transportleitung zwischen Modulen und Wechselrichter.....	8
4) Wechselrichter / Inverter.....	9
5) Elektroinstallation / Elektro-Zuleitung des Hauses.....	10
PHOTOVOLTAIK-SCHUTZKONZEPT anfordern.....	11

Bitte beachten Sie, dass die im Text enthaltenen Daten allgemeingültig sind.

Jedes Projekt muss separat angesehen und entsprechende Massnahmen geplant werden!

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 3 von 12

GRUNDLEGENDE BETRACHTUNG DER FELDER EINER PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

Da eine Photovoltaik-Anlage aus mehreren Komponenten besteht und diese auch unterschiedliche Aufgaben erfüllen müssen und damit verschiedene Felder produzieren können, teilen wir unsere Betrachtung in 5 Anlagekomponenten auf.

Nicht berücksichtigt werden in unseren Aufzählungen die Problematiken des Blitzschutzes hinsichtlich Elektrosmog sowie die allgemeinen elektrischen Installationen und Apparate. Die Aufzählung ist nicht abschliessend und kann bei Bedarf und neuen Erkenntnissen erweitert werden.

Anlagekomponenten

- 1) **Solar-Module** (Paneelen)
- 2) **Kabelverbindungen** zwischen den einzelnen Modulen sowie **Transportleitung** zwischen Solar-Modulen und Wechselrichter (DC)
- 3) **Steigleitung** / Installation der Transportleitung
- 4) **Wechselrichter** / Inverter
- 5) **Elektroinstallation** / Elektro-Zuleitung (AC)

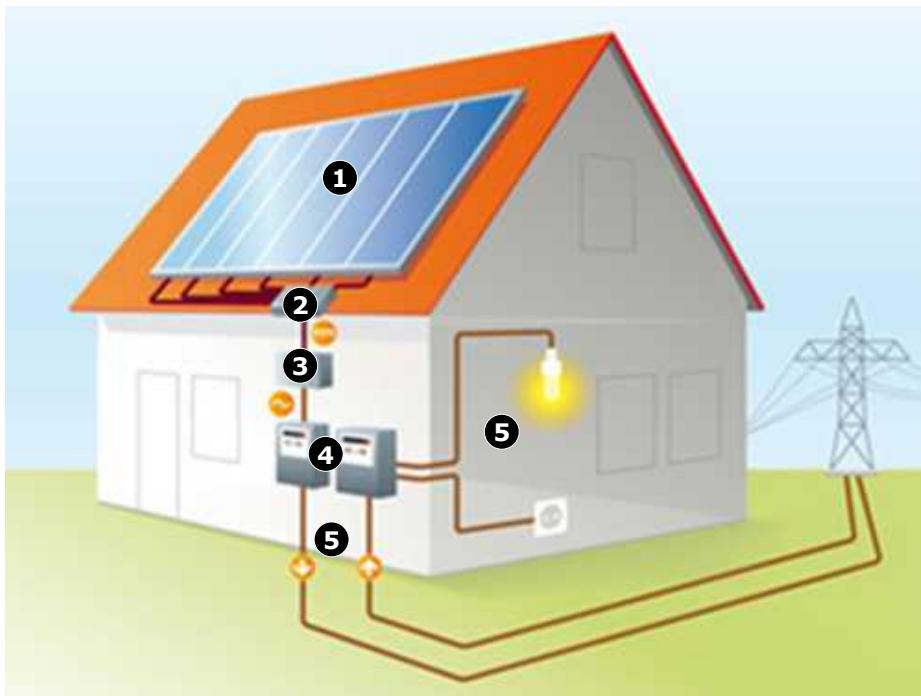


Schaubild 1: energiestrategen-gmbh

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 4 von 12

1) SOLAR-MODULE (PANEELN)

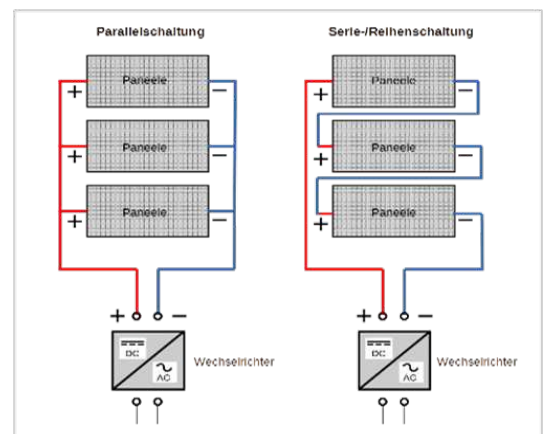
Die Solar-Module (Paneelen) erzeugen Gleichstrom, folglich können sie von einem magnetischen Gleichfeld umgeben sein. Ist der beim Wechselrichter ankommende Gleichstrom nicht konstant, sondern pulsierend, sind die Leitungen und Module zusätzlich von einem magnetischen wechselnden Feld (Wechselfeld) umgeben. Hinzu kommt, je nach Wechselrichtertyp und Art der Verlegung der Transportleitung, ein elektrisches Wechselfeld.



Ebenfalls zu beachten ist der Einsatz von sogenannten "Leistungs-Optimierern" direkt bei den Paneelen. Diese kommunizieren mit dem Wechselrichter meist über Power-Line-Communication (PLC) und erzeugen somit zusätzliche Emissionen im kHz bis MHz Bereich.

2) VERBINDUNGSLEITUNGEN ZWISCHEN MODULEN

Die Module sind bei kleineren Anlagen meist parallel und bei leistungsstarken Anlagen bis zu einer bestimmten Anzahl in Reihe geschaltet. Die Verbindungen zwischen den Modulen führen den gleichen Strom wie die Module, entsprechend sind auch diese Verbindungen von einem magnetischen Gleichfeld und einem magnetischen Wechselfeld umgeben. Bei einer Reihenschaltung der Module beträgt die Spannung auf dem Kabel bis über 800V, es kann somit zusätzlich ein elektrisches Gleichfeld entstehen. Je weiter die einzelnen Leitungen (Modul- und Strangleitungen) voneinander entfernt sind, desto grösser werden die entsprechenden Emissionen.



Je nach Wechselrichtertyp (mit oder ohne galvanische Trennung) und Verlegungsart der Transportleitung kann auch ein elektrisches Wechselfeld mitgeführt werden, bzw. entstehen.

3) TRANSPORTLEITUNG ZWISCHEN MODULEN UND WECHSELRICHTER

Die Transportleitung von den Paneelen zum Wechselrichter führt den erzeugten Gleichstrom zum Wechselrichter und ist entsprechend der Stromstärke auch mit einem magnetischen Gleichfeld umgeben. Hinzu kommt eine mögliche Wechselstromkomponente durch eine nicht gleichmässige Produktion durch z.B. Wolkenflug mit Schattenbildung. Je weiter die einzelnen Leitungen (Modul- und Strangleitungen) voneinander entfernt sind, desto grösser werden die entsprechenden Emissionen. Je nach Wechselrichtertyp (mit oder ohne galvanische Trennung) und Verlegungsart der Transportleitung kann auch ein elektrisches Wechselfeld mitgeführt werden, bzw. entstehen.

gesund leben

besser schlafen

effektiver arbeiten

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 5 von 12

4) WECHSELRICHTER / INVERTER

Der Wechselrichter / Inverter formt die Gleichspannung in eine sinusähnliche Wechselspannung von 230 Volt mit 50Hz um, entsprechend der Spannung der Hausstromversorgung. Vereinfacht beschrieben, wird die Gleichspannung pro Sekunde in ca. 20'000 Teile oder mehr zerhackt und aus diesen Teilen die sinusförmige Wechselspannung zusammengesetzt. Da die Ausgangswechselspannung noch Anteile dieser getakteten Gleichspannung enthält, ist die abgegebene Wechselspannung nicht perfekt sinusförmig und gibt entsprechende Oberwellen (Störungen - Dirty-Power) ab. Die Gesetzgebung weist im Bereich 10kHz - 150kHz eine Lücke auf und somit werden in diesem Bereich meist keine Filter verwendet. So ist es nicht verwunderlich das viel Wechselrichterhersteller in diesem Bereich die sogenannte "Zerhackung" der Gleichspannung ansetzen um eine sinusähnliche Frequenz von 50 Hz zu erreichen und um keine teuren Filter einsetzen zu müssen. Störungen und Netzurückwirkungen sind eine grosse Herausforderung für alle Beteiligten (EW, Hersteller, Betreiber, Grundeigentümer, Bewohnern, etc.) und die Lokalisierung eines Störers ist technisch anspruchsvoll.



Die meisten auf dem Markt erhältlichen Wechselrichter sind leider nicht mehr galvanisch getrennt (Trafo-los). Dies hat zur Folge, dass durch Ankoppelungseffekte im Wechselrichter nun elektrische Felder auf die DC-Transportleitungen bis und inkl. den Paneelen übertragen werden. Diese angekoppelten Felder werden nun über die ganze Peneelenfläche abgegeben und führen so zu relativ starken Emissionen.

Die meisten auf dem Markt erhältlichen Wechselrichter sind leider nicht mehr galvanisch getrennt (Trafo-los). Dies hat zur Folge, dass durch Ankoppelungseffekte im Wechselrichter nun elektrische Felder auf die DC-Transportleitungen bis und inkl. den Paneelen übertragen werden. Diese angekoppelten Felder werden nun über die ganze Peneelenfläche abgegeben und führen so zu relativ starken Emissionen.

Ein Wechselrichter / Inverter gibt folgende Felder ab:

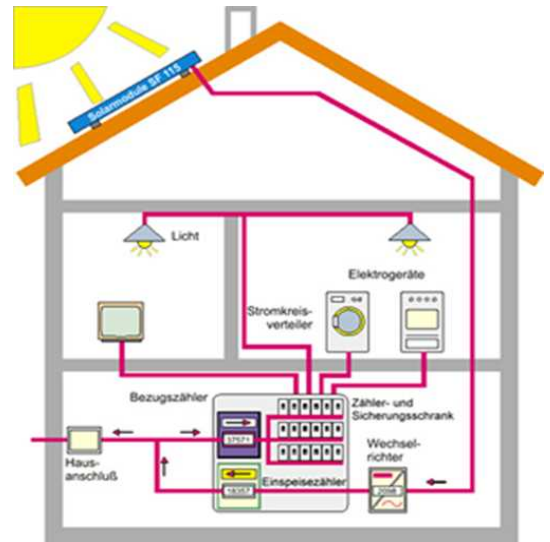
- Magnetisches Wechselfeld mit einer Frequenz von 50 Hz sowie entsprechende Oberwellen bis einige MHz (Dirty-Power).
- Elektrisches Wechselfeld der Zu- und Ableitung mit einer Frequenz von 50 Hz sowie entsprechenden Oberwellen bis einige MHz (Dirty-Power - Dirty-Electricity).
- Beim Einsatz von Paneelen-Leistungsoptimierern wird die DC-Leitung und alle Paneelen mit einem PLC-Signal versehen welches sich von der Leitung als elektromagnetische Welle ablöst. Somit werden die Paneelen-Flächen sowie die DC-Leitungen zu einer strahlenden Antenne.
- Beim Einsatz der Überwachung und Steuerung wird meist eine Funk-Kommunikations-Lösungen eingesetzt (WLAN, Mobilfunk, ...).

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 6 von 12

5) ELEKTROINSTALLATION / ELEKTRO-ZULEITUNG DES HAUSES

Der vom Wechselrichter erzeugte Wechselstrom wird bei grösseren Anlagen über einen Zähler in das Netz des Stromversorgers eingespeist. Bei kleineren Anlagen entfällt ev. der zusätzliche Zähler. Bei beiden Varianten wird die/der vom Wechselrichter erzeugte Spannung/Strom samt den Oberwellen (Dirty-Power) in das Hausstromnetz übertragen. Somit haben wir nun auch die unerwünschten Oberwellen auf der gesamten Elektroinstallation im Haus und allen angeschlossenen Geräten. Diese Netzverschmutzung (Dirty-Power) ist auch bei den Nachbarhäusern nachweis- und messbar da die elektrische Zuleitung des Elektrizitätswerkes (EW, EVU) die ins Haus kommt, in einem Stromverteilkasten (VK) zusammengeschlossen sind.



Eine zusätzliche nicht zu vernachlässigende Komponente ist die Aufteilung des Stromflusses beim Hausanschlusskasten über die Erdung - PEN-Leiter. Durch die Produktion von Strom und der daraus folgenden Stromabgabe ins Elektrizitäts-Stromnetz erfolgt automatisch auch eine Erhöhung des möglichen Fehl-Stromes über die Erdung und das EW-Zuleitungskabel ins Haus sowie über alle möglichen an Erde angeschlossenen Werkleitungen (Gas, Telefon, TV, Wasser, Fernwärme, Blitzschutz, ...)

Diese Zunahme des Fehlstromes, auch Einleiterstromfluss genannt, und der daraus resultierenden Magnetfelder, erhöht sich die magnetische Grundbelastung (magnetisches Wechselfeld). Fehl- und Kriechströme führen oft auch zu Korrosion und damit zu Schäden an Erdungen, Wasserleitungen etc..

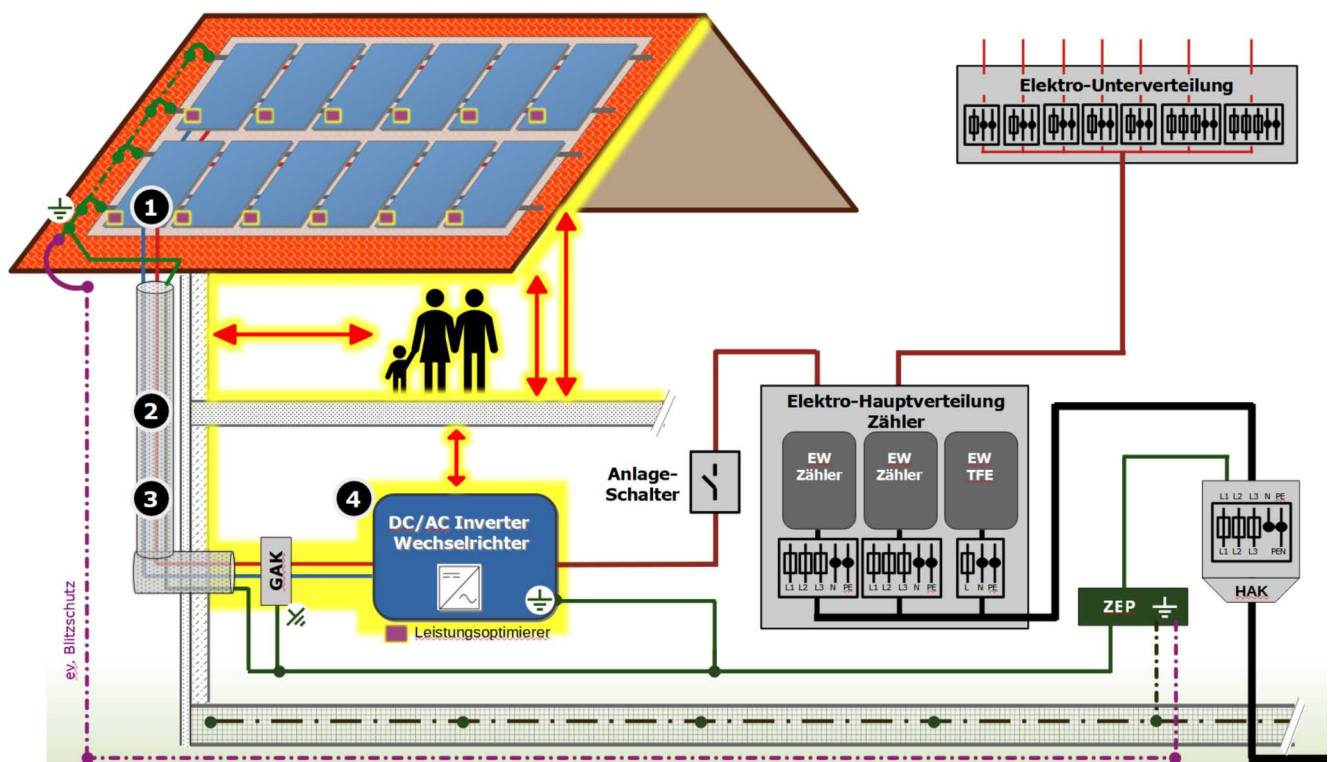
Literaturhinweis: „Photovoltaik“ von Heinrich Häberlin im electrosuisse Verlag

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 7 von 12

WIE SIEHT DAS IN DER PRAXIS AUS?

In den von uns gemessenen Anlagen stossen wir immer wieder auf die gleichen Emissionen / Felder einer Photovoltaik-Anlage. Daher können diese hier aufgeführten Punkte auch als allgemein gültig betrachtet werden. Die aufgeführten Skizzen sind als Musterzeichnungen zu verstehen. Jedes Projekt muss separat angesehen und entsprechende Massnahmen geplant werden. Siehe hierzu auch die Anhänge für dieses Projekt. Eine elektrobiologische Baubegleitung (Unterstützung der Bauführung) ist notwendig.



Musterzeichnung

1 SOLAR-MODULE (PANEELN)

Eine der grössten Feldquellen bei Photovoltaikanlagen ist die gesamte Fläche der Paneelen sowie die Steigleitung vom Wechselrichter zu den Paneelen. Da die heutigen Wechselrichter meist keine galvanische Trennung aufweisen koppeln die DC-Leitungen an und verteilen die elektrischen Wechselfelder über die Transportleitungen bis zu der ganzen Paneelen-Fläche. Somit entsteht zwischen den Paneelen, die meist auf einem Holzdach mit Dachziegeln liegen, und der nächsten massiv gebauten Fläche z.B. Betonboden, Holzboden, etc. ein Potentialunterschied auf. Der Mensch steht somit in einem Spannungsfeld, einem "Kondensator"! Diese so emittierenden Fel-

gesund leben

besser schlafen

effektiver arbeiten

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 8 von 12

der sind vor allem bei einem ausgebauten Dachstock nicht zu vernachlässigen (dies betrifft Indach- und Aufdach-Anlagen).

Diese elektrischen Wechselfelder mit diversen Oberwellen werden erzeugt, sobald der Wechselrichter in Betrieb ist, egal wie viel Strom produziert wird. Die neu eingesetzten Wechselrichtertypen haben meist eine komplette Nachtabschaltung. Somit entfallen in der Nacht, bei entsprechender Dunkelheit diese Emissionen. Es gibt aber auch Kleinanlagen und "No-Name" Produkte aus dem Osten die leider nicht abschalten. Bei Aufdach- und Indach-Anlagen bei denen keine Schutzmassnahmen ergriffen werden, was leider der Normalfall ist, haben wir tagsüber schon elektrische Feldstärken (E-Feld <400 kHz) von über 25 V/m gemessen und zwar auf der ganzen Dachstockfläche. Der Zielwert der Elektrobiologie und der Bio-Elektrotechnik® für Schlafplätze wäre 0.3 V/m und für Arbeitsplätze kleiner als 1 V/m.

Bei Holzbauten werden diese Felder, auf Grund der Restfeuchtigkeit im Holz, auch in das darunter liegende Geschoss (Dachstock, Wänden, etc.) verschleppt. Bei konventioneller Bauweise (Mauerwerk, Beton) ist die Verschleppung gering bis vernachlässigbar, sofern die Betonteile (Boden, Decken) entsprechend am Potentialausgleich (Erdung) angeschlossen sind. Dies ist bei Altbauten (vor 1990) nicht immer der Fall. Bei Unklarheiten kann dies durch eine entsprechende Messung überprüft werden. Hinzu kommt, dass beim Einbau des Unterlagsboden möglicherweise leitfähige Folien (Alukaschierte Folien / Dampfsperren) verwendet wurden die ebenfalls nicht geerdet sind und somit zusätzliche Feldverschleppungen erzeugen können.

Durch den Einsatz von Leistungs-Optimierern in den Paneelen kommt durch das verwendete PLC (Power-Line-Communication) eine weitere Komponente hinzu Diese Feldstärken sind im Vergleich zu den 50Hz Anteilen natürlich extrem klein, aber durch den Signalcharakter (steiflankig, impulsartig) haben diese eine höhere biologische Relevanz. Der Frequenzbereich dieser PLC's liegt bei >100 kHz und können sich somit auch als elektromagnetische Welle von der Leitung ablösen. Dies bemerken vor allem Elektrosensible sowie Amateurfunker oder Lang- und Mittelwellen Radioempfänger, die durch diese "Störfelder" beeinträchtigt bzw. gestört werden.

2 VERBINDUNGSLEITUNGEN ZWISCHEN MODULEN – DC VERKABELUNG

Wie bei den Paneelen, sind die gleichen Felder auch bei den Verbindungsleitungen messbar. Hinzu kommt, je nach Stromfluss, ein entsprechendes Magnetfeld (DC) durch den Stromfluss. Werden die Transportleitungen und die Verbindungsleitungen unter den Paneelen parallel bzw. noch besser verdreht verlegt, reduzieren sich die Felder stark. Hier ist die Verlegungstechnik massgebend und mit der richtigen Wahl des Verlegungsortes können die Felder stark reduziert werden.

3 TRANSPORTLEITUNG ZWISCHEN MODULEN UND WECHSELRICHTER

Durch das Verlegen der Transportleitungen an der Fassade des Hauses in einem entsprechenden Rohr oder Kanal sind die zwei Leiter (+Pol und -Pol) immer parallel und relativ nahe beieinander.

gesund leben

besser schlafen

effektiver arbeiten

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 9 von 12

Bei sehr grossen Anlagen kann dies jedoch auf Grund des Sach- und Feuerschutzes aus in getrennten Rohren erfolgen. Ein Verdrillen der Pol-Leitungen würde die Emissionen nochmals verringern. Der Standort der Leitungsführung ist entscheidend für die möglichen Felder, die ins Haus gelangen können. Generell gilt, je grösser der Abstand desto kleiner die Felder.

4 WECHSELRICHTER / INVERTER

Jeder Wechselrichter erzeugt durch die vorhandene Elektronik im Gerät, und vor allem durch die Zerhackung der Gleichspannung, entsprechende Oberwellen im kHz bis in den MHz Bereich. Diese können das Gerät als elektromagnetische Welle verlassen. Des Weiteren sind die heutigen Wechselrichter meist Trafo-los, sie besitzen also keine galvanische Trennung mehr zwischen AC und DC Komponenten. Dies führt zu einer Ankoppelung und einer Verbreitung der 50 Hz Felder sowie deren Oberwellenanteile auf das gesamte DC-System (siehe auch Punkt 1 auf den vorde- ren Seiten).

Die neueren Wechselrichter sind mit Informationssystemen / Kommunikationssystem ausgestattet und übertragen diverse Betriebszustände zur Steuerung oder zu Informations- und Visualisierung der Daten (Leistung, Betriebsstunden, mögliche Störungen, etc.) per Mobilfunk oder WLAN an die entsprechenden Empfangsstellen. Auch Speicherkomponenten (Batteriespeicher, etc.) können auf diese Art und Weise mit eingebunden werden. Es würde aber auch die Möglichkeit bestehen diese Informationen ohne Funkdienste zu übertragen per Ethernet-LAN-Kabel. Für die Hersteller und Installateure ist die Anbindung an das hauseigene WLAN das Bequemste ... so haben sie keinen weiteren Aufwand für eine Verkabelung. Bei grösseren Anlagen wird leider auch vielfach der Mobilfunk verwendet, so dass der Servicetechniker von aussen direkt auf das Gerät zugreifen kann.

Ein weiterer Punkt ist eine mögliche Emission im höheren Schallbereich (Ultraschall). Daher ist die Anordnung / Platzierung der Wechselrichter mit möglichst grossem Abstand zu Schlaf- und Wohnbereichen sinnvoll sowie ein möglichst massiver Montageuntergrund.

In der Nähe des Wechselrichters können magnetische Wechselfelder (hauptsächlich 50Hz) durch die grosse Stromproduktion entstehen, elektrische Wechselfeder und elektromagnetische hoch- frequente Felder sowie Ultraschall-Emissionen. Bei einer entsprechend grösseren Produktion, also bei einer Rückspeisung ins Stromnetz zum Elektrizitätsversorger (EW / EVU) ist die Kriechstrom- problematik bzw. die Fehlstromproblematik ebenfalls ein Thema. Durch die Werksseitige (Elektri- zitätswerk) erzwungene Verbindung des PEN-Leiters mit der Erdung des Hauses kann der Rück- strom über den PEN-Leiter oder über die Erdung abfliessen. Das Bedeutet das sich über alle möglichen Erdverbindungen (Wasserleitung, Gasleitung, Fernwärme, Blitzschutz, TV, etc. ein Stromfluss (Einleiterstromfluss) stattfinden kann und dieser führt wiederum zu einer erhöhten magnetischen Wechselfeld Belastung.

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 10 von 12

5 ELEKTROINSTALLATION / ELEKTRO-ZULEITUNG DES HAUSES

Da der produzierte Strom des Wechselrichters der in das Stromnetz eingespiesen wird kein reiner Sinus mit 50Hz ist, werden auch entsprechende Oberwellen (Dirty-Power) mit abgegeben. Diese Netzverunreinigung kann im eigenen Haushalts-Stromnetz, wie aber auch beim Nachbar über das EW-Stromnetz gemessen werden. Zuzüglich wird durch die Produktion und die Glättung der Zerhackung des Stromes immer ein sogenannte Ableitstrom erzeugt. Dieser fliesst über die Erdung ab und kann magnetische Wechselfelder erzeugen wie aber auch Kriechstromproblematik und Korrosion. Jeder zusätzliche Einsatz von Wechselrichtern wird die Netzqualität des gesamten Stromnetzes nicht verbessern, sondern verschlechtern.

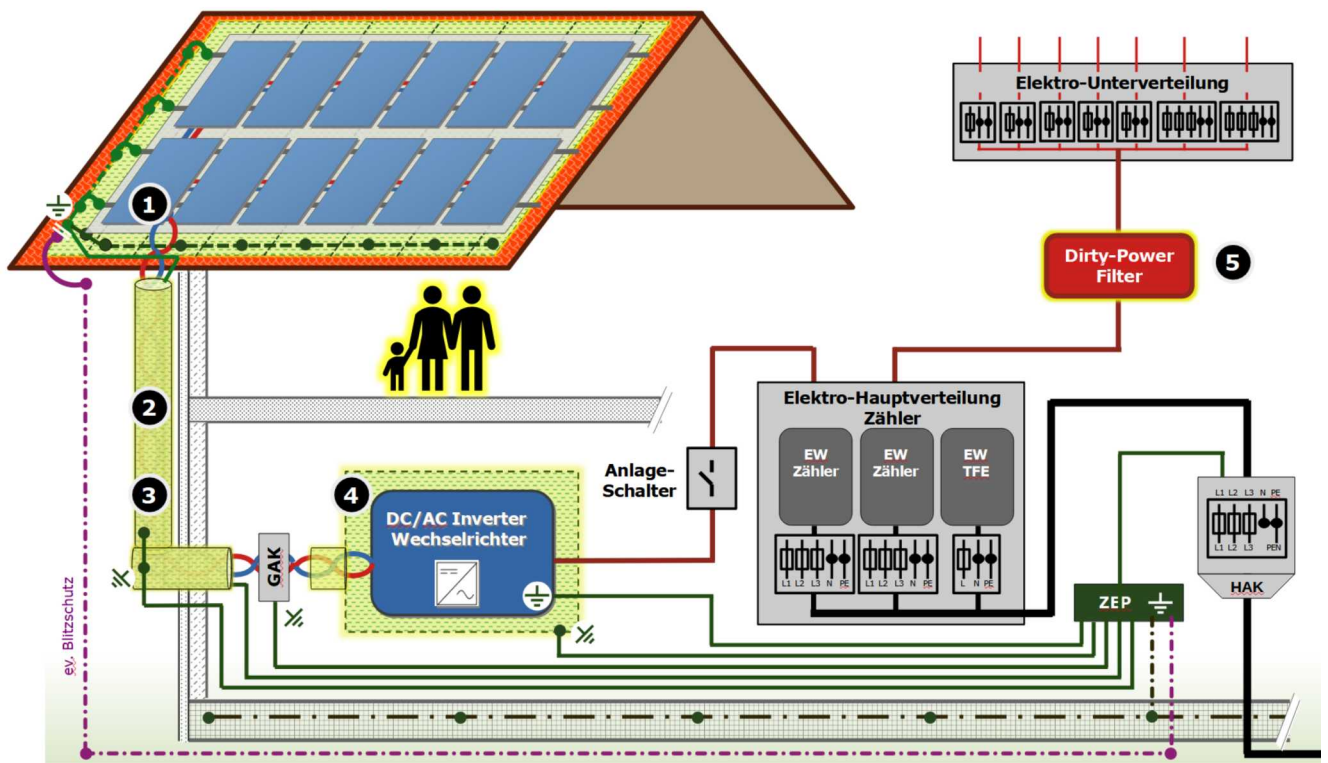
INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 11 von 12

LÖSUNGS-ANSATZ | EMISSIONSARME PHOTOVOLTAIK INSTALLATION MIT BIO-ELEKTROTECHNIK®

Jedes einzelne Projekt muss individuell betrachtet und beurteilt werden. Daher übermitteln Sie doch Ihre Angaben der geplanten oder bereits bestehenden Anlage damit wir ein Schutzkonzept erstellen können. Benützen Sie hierfür das Formular auf unserer Webseite. Dort können Sie auch Dateien wie Pläne, Photos, etc. hochladen die uns für die Beurteilung und das **Photovoltaik-Schutzkonzept** helfen.

urs-raschle.ch/photovoltaikanlagen-abschirmung/



Musterzeichnung

INFORMATIONEN - PHOTOVOLTAIK

Seite: 12 von 12

PHOTOVOLTAIK-SCHUTZKONZEPT ANFORDERN

Name: Firma:
 Adresse: PLZ Ort:
 Telefon: Mobile:
 E-Mail: Empfehlung von:

- Ich planen ein grösseres Projekt, bitte kontaktieren sie mich für eine Beratung.
 Wir haben bereits eine Anlage. Mich interessiert eine: Messung Beratung

Dach: Schrägdach Flachdach
 wird abgedeckt wird nicht abgedeckt

Dachstock: bewohnt nicht bewohnt Ausbau möglich

Photovoltaik-Paneel: Aufdach Indach
 Typ:

Photovoltaik-Fläche: Gesamtleistung
 Gesamtfläche (m²)
 Anzahl Module
 Dachfläche (m²)

Leistungs- Optimierer: ja nein noch offen

Wechselrichter: Kellergeschoss Wohngeschoss
 Typ:

Batteriespeicher: vorgesehen nicht vorgesehen
 Typ:

Ladestation E-Auto: vorgesehen nicht vorgesehen
 Typ:

Blitzschutz: ja nein noch offen

Elektroverteilung: wird erneuert keine Erneuerung noch offen

Ausführung:

Pläne/Offerte: vorhanden (bitte alle Angaben senden) nicht vorhanden
 Planer / Offerte:
 weiteres:

Bemerkungen:

Senden an: mail@urs-raschle.ch | Formular: urs-raschle.ch/photovoltaikanlagen-abschirmung/