

Netzleitungs- kommunikation

Technische Beschreibung

Ausgabe 1.0

**Die verbesserten Möglichkeiten der
Netzleitungskommunikation für die
Sunny Boy Familie**

Änderungsübersicht

Dokumenten- Nummer SBKOMM	Ausgabe und Änderungstyp ¹⁾		Bemerkungen	Autor
-11:ED1099	1.0	A	Erstausgabe	Bremicker

- 1) A: Änderung aufgrund fehlerhafter Unterlagen oder Verbesserung der Unterlagen
- B: Änderung, die eine volle oder Vorwärts- Austauschbarkeit sicherstellt
- C: Änderungen, die die Austauschbarkeit einschränken oder ausschließen

	Name	Datum	Unterschrift
Geprüft			

Erklärungen zu den verwendeten Symbolen

Um Ihnen einen optimalen Gebrauch dieses Handbuchs und einen sicheren Baugruppeneinsatz in den Phasen der Inbetriebnahme, des Betriebs und der Wartung zu gewährleisten, beachten Sie bitte die folgenden Erklärungen zu den verwendeten Symbolen.



Unter dem Symbol Hinweis wird ein Sachverhalt aufgeführt, dessen Nichtbeachtung zu einem Verlust an Komfort oder zur Beeinträchtigung der Funktion führen kann.

Beispiel: „Fertige C-Routinen hierzu finden Sie auf der Support-Diskette.“



Unter dem Symbol Achtung wird ein Sachverhalt aufgeführt, dessen Nichtbeachtung zur Beschädigung von Bauteilen oder zur Gefährdung von Personen führen kann.

Beispiel: „Vor Öffnen des Gerätes auf jeden Fall Netzstecker ziehen!“



Dieses Symbol kennzeichnet ein Beispiel.

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick.....	5
2 Funktionsbeschreibung.....	14
3 Planung und Entstörung von Übertragungsstrecken	17
3.1 Grenzen und Eckwerte der Powerline-Kommunikation	17
3.2 Störquellen	18
3.2.1 Große Leitungslänge/-impedanz	19
3.2.2 Kommunikation über mehrere Phasen	22
3.2.3 Störungen durch andere Geräte.....	25
3.3 Überprüfen der Übertragungsqualität	28
3.4 Störanalyse und Entstörung	31
4 Entstörkomponenten.....	33
4.1 Phasenkoppler (2291/ 6984)	33
4.2 Trägerfrequenzsperre 2293 / Bandsperre 6981	35
4.3 Filter für Netzleitungskommunikation.....	38
5 Zusammenfassung	41

1 Überblick

Die Netzleitung stellt ein ideales Medium für einen sehr einfachen, besonders preiswerten und komfortablen Informationsaustausch zwischen verschiedenen Geräten innerhalb eines Gebäudes dar. Gegenüber konventionellen Datenübertragungen mittels einer separaten Datenleitung bietet die Netzleitungskommunikation eine hohe Flexibilität und einfache Erweiterbarkeit der Anlage, da alle Kommunikationsteilnehmer in einer Installation einfach an eine vorhandene Steckdose angeschlossen werden.

Nachdem vor einigen Jahren ausschließlich Babyphone und Haussprechanlagen von den Vorzügen dieser Technologie Gebrauch machten, finden sich heute aufgrund technischer Neuerungen immer mehr Anwendungsgebiete, die das Medium „Netzleitung“ zur Datenübertragung nutzen.

Sogar für Telefon- und Internet-Anschluß kann in absehbarer Zeit auf eine zusätzliche Datenleitung verzichtet werden, wenn die Daten über das nahezu überall vorhandene 230 V-Netz übertragen werden. Bei diesen Anwendungen sind jedoch für die Netzleitungskommunikation hohe Übertragungsraten nötig. Derzeit steckt die hochbitratige Datenübertragung via Netzleitung aber noch in den Kinderschuhen. Nicht nur, daß noch keine ausreichenden Erfahrungen bezüglich Störfestigkeit vorliegen, auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen sind für den dafür notwendigen Frequenzbereich bis 20 MHz noch nicht geschaffen.

Für die bei den Sunny Boys seit mehreren Jahren eingesetzte Powerline-Übertragung hingegen, die mittlerweile in ca. 6000 Wechselrichtern erfolgreich eingesetzt wird, liegen inzwischen bei SMA umfangreiche Erfahrungen vor.

Auch im größten dachintegrierten Solarkraftwerk der Welt, der 1 MWp-PV-Anlage des Landes Nordrhein-Westfalen in Herne, werden die Betriebsdaten der 569 Sunny Boy 1500 über die Netzleitung überwacht.

Gerade in Photovoltaikanlagen, die mit Stringwechselrichtern aufgebaut sind, kommt es bei konsequenter Nutzung des Stringkonzeptes zwangsläufig zu einer räumlich verteilten Anordnung der Wechselrichter, da immer nur wenige Module in Serie (1 String) an einen Wechselrichter angeschlossen werden.

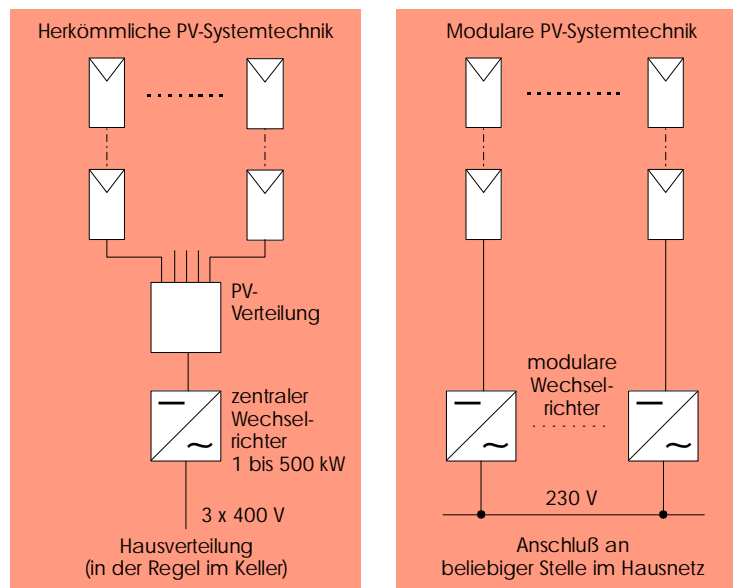


Abbildung 1: Vergleich modularer/ zentraler Wechselrichter

Dadurch wird der Systemwirkungsgrad gegenüber Anlagen mit parallelgeschalteten Strings und zentralen Wechselrichtern deutlich verbessert, da die Verluste durch Fehlanpassung der Strings (Mismatching) und Teilabschattung einzelner Module über die MPP-Regelung jedes einzelnen Strings vermieden werden. Außerdem werden die Systemkosten reduziert, da bis auf die Serienschaltung einiger Module auf die teure Gleichstromverkabelung verzichtet werden kann (siehe Abbildung 1).

Damit die Überwachung der Anlage trotz der verteilten Anordnung der Wechselrichter von einer zentralen Stelle aus möglich ist, müssen die Betriebsdaten aller Wechselrichter zu einem PC bzw. Datenlogger übertragen werden. Um hierbei zusätzlichen Installationsaufwand zu vermeiden und die gerade durch den Einsatz von

Stringwechselrichtern erreichte Flexibilität und Erweiterbarkeit der Anlage zu erhalten, wird durch die Nutzung der vorhandenen 230 V-Netzleitung zur Datenübertragung eine absolut komfortable und zudem preisgünstige Möglichkeit zur Anlagenüberwachung gegeben.

Der PC (mit dem Steckermodem SWR-COM) oder das Sunny Boy Control (Datenlogger) kann einfach an eine beliebige Steckdose in der Installation angeschlossen werden, um die Daten aller Wechselrichter zu empfangen und darzustellen bzw. zu speichern.

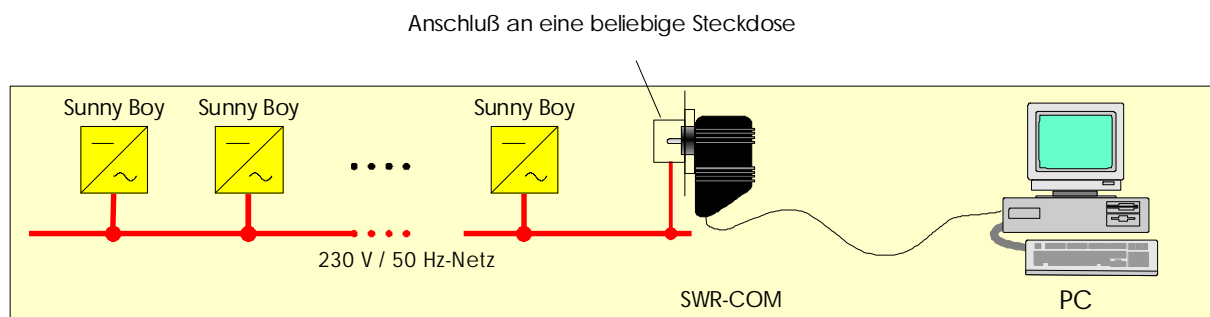


Abbildung 2: Kommunikation über SWR-COM

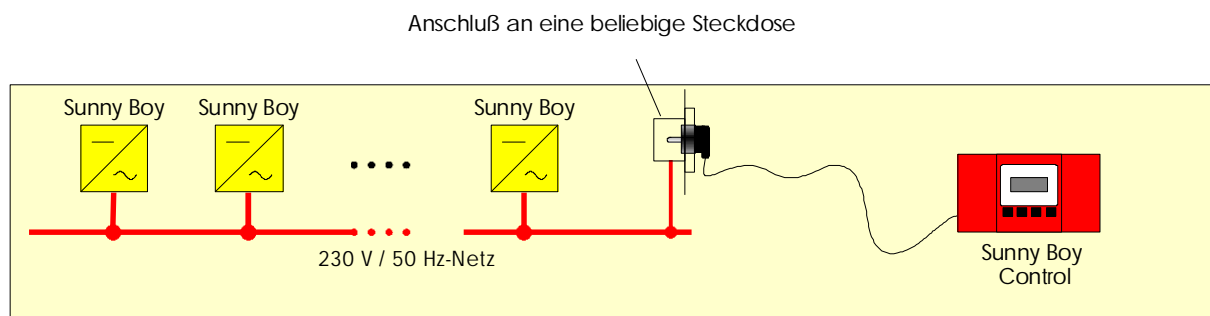


Abbildung 3: Kommunikation mit Sunny Boy Control

Als Übertragungsverfahren kommt das besonders robuste FSK-Modulationsverfahren (frequency shift keying) zum Einsatz, bei dem ein hochfrequentes Kommunikationssignal der Netzspannung überlagert wird. Durch Variation

der Frequenz werden hierbei die digitalen Signale in Schwingungspakete unterschiedlicher Frequenz umgewandelt und über die Netzleitung übertragen.

Damit mehrere Systeme an der gleichen Installation arbeiten können, ist in der europäischen Norm EN 50065 für den verwendeten Frequenzbereich ein eindeutiges Zugriffsprotokoll vorgeschrieben. Außerdem ist exakt festgelegt, in welcher Art und Weise und mit welchem zulässigen Pegel ein Gerät senden darf. Dadurch ist sichergestellt, daß auch empfindliche Geräte durch die Netzleitungskommunikation nicht gestört werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktionsweise finden Sie in Kapitel 2.

Neben all den Vorzügen, die durch die Netzleitungskommunikation entstehen, muß aber auch erwähnt werden, daß das 230 V-Netz aufgrund der hohen Stöbelastung eigentlich nur begrenzt für die Datenübertragung geeignet ist. Abgesehen von der 50 Hz-Netzfrequenz treten Impulse verschiedenen Energiegehaltes und unterschiedlicher Länge auf, die durch Schaltvorgänge, Leuchtstofflampen, elektrische Maschinen und elektronische Netzteile hervorgerufen werden.

Damit trotz dieser schlechten Eigenschaften der Übertragungsstrecke eine sichere Kommunikation stattfinden kann, muß das eingesetzte Übertragungsverfahren speziell diesen anspruchsvollen Bedingungen angepaßt sein.

Im Zuge der konsequenten Weiterentwicklung konnte auch das SMA Powerline-System weiter verbessert werden. Insbesondere bei Anlagen mit mehr als 30 Powerline-Geräten, bei denen bisher hin und wieder Störungen mit der Netzleitungskommunikation auftraten, wird durch die Systemoptimierung eine deutliche Verringerung der Störempfindlichkeit der Kommunikation erzielt, so daß wir überzeugt sind :

- Die Netzleitungskommunikation funktioniert prinzipiell in jeder Anlage.
- Bei günstigen Verhältnissen liegt die Reichweite bei mehr als einem Kilometer.

Es kann aber im Einzelfall notwendig sein, bereits bei kurzen Übertragungsstrecken zusätzliche Entstörkomponenten zu installieren, wenn in einer Installation nahe des Anschlußpunktes der Wechselrichter viele störende Geräte, wie z.B. PCs, Leuchtstoffröhren und elektrische Maschinen, angeschlossen sind. Stark störende Geräte gemeinsam mit einer ungünstigen Leitungsführung können sogar das Signal auf der Netzleitung so stark beeinflussen, daß keine Kommunikation mehr möglich ist. Durch den Einsatz entsprechender Entstörmaßnahmen ist es jedoch möglich, auch in stark gestörten Netzen eine Übertragung über weite Strecken zu ermöglichen. Ein Überblick über mögliche Störungsursachen und eine sinnvolle Vorgehensweise zur Störungsbehebung sind in Kapitel 3 ausführlich erläutert.

Grundsätzlich bietet SMA die folgenden Überwachungskonzepte für PV-Anlagen an:

- PC mit Windows-Programm *Sunny Data* und dem Steckermodem *SWR-COM*.

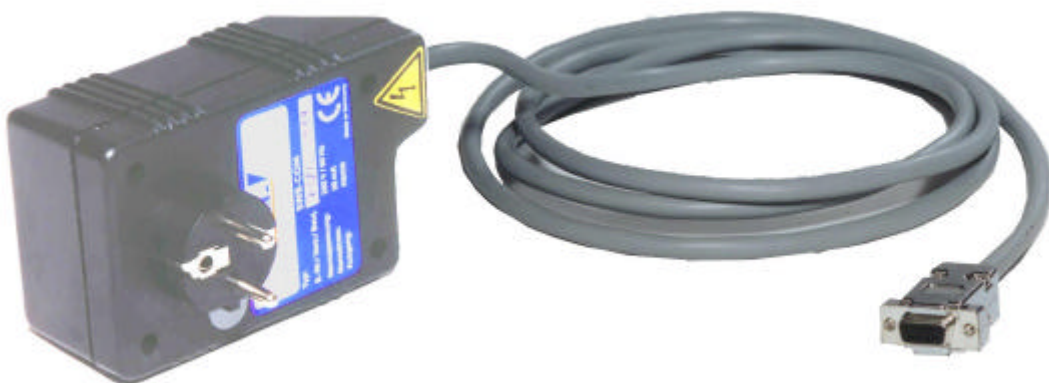


Abbildung 4: Steckermodem SWR-COM

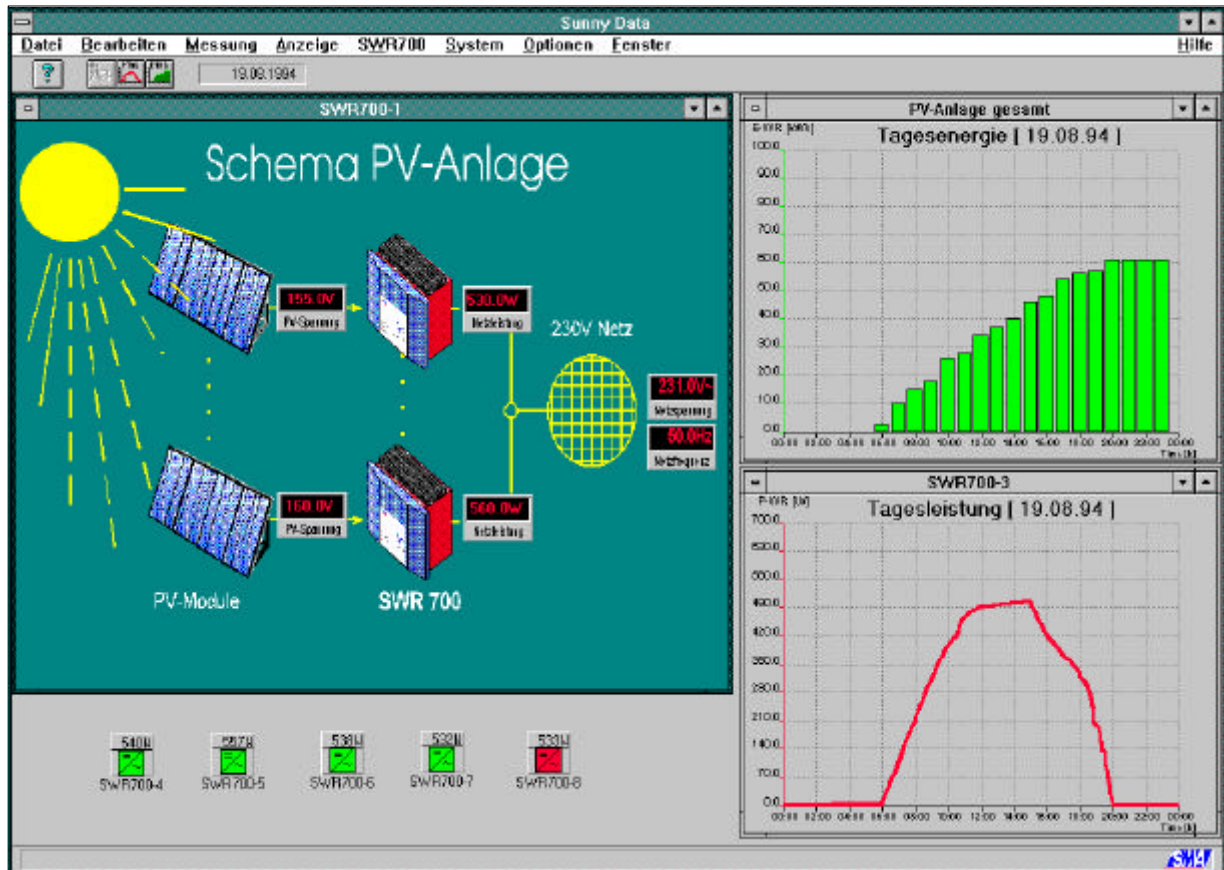


Abbildung 5: Bedienoberfläche Sunny Data

- *Sunny Boy Control* als eigenständiger Datenlogger zur Abfrage, Ausgabe und Speicherung der Wechselrichterbetriebsdaten. Eine Anzeige auf einem Großdisplay ist ebenfalls möglich.



Abbildung 6: Sunny Boy Control

- PC mit Windows 95/98-Programm *Sunny Data Control* in Verbindung mit *Sunny Boy Control* zur komfortablen Visualisierung auf dem Monitor.

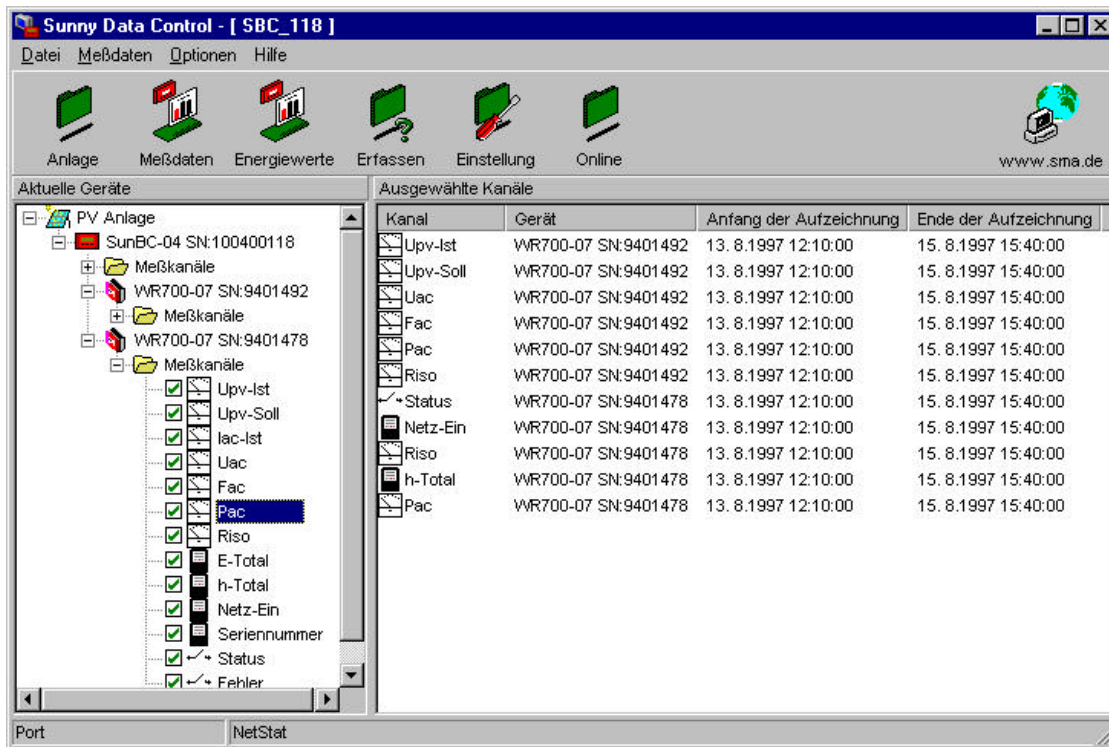


Abbildung 7: Bedienoberfläche Sunny Data Control

Diese Variante ist besonders für große Anlagen bis 1000 Wechselrichter geeignet. Hierbei werden mehrere Sunny Boy Control, die bis zu 50 Wechselrichter via Powerline überwachen, über eine RS485 Datenleitung mit einem PC verbunden.

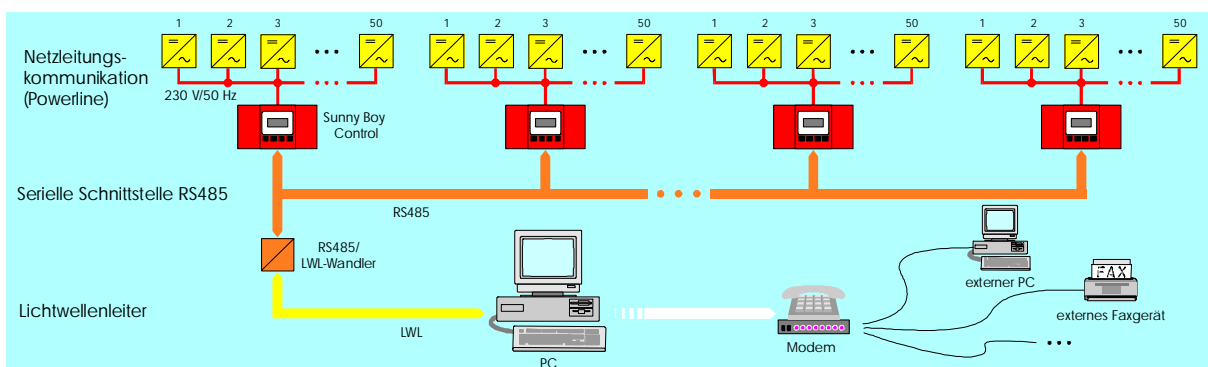


Abbildung 8: Powerline-Kommunikation am Beispiel einer Großanlage

Selbstverständlich wird die Anlage nach der Installation automatisch konfiguriert. Nach dem Anschluß der Wechselrichter und des *Sunny Boy Control* oder PC mit *SWR-COM* zur Datenaufzeichnung wird einfach eine Erfassung der Wechselrichter gestartet.

Mit Sunny Data Control kann dann z.B. die Hintergrundfarbe des Übersichtsdisplays in Abhängigkeit der Wechselrichterleistung dargestellt werden (Abbildung 9). Auf diese Weise fällt ein fehlerhafter Strang sogar in einer Großanlage sofort aufgrund der anderen Hintergrundfarbe auf.

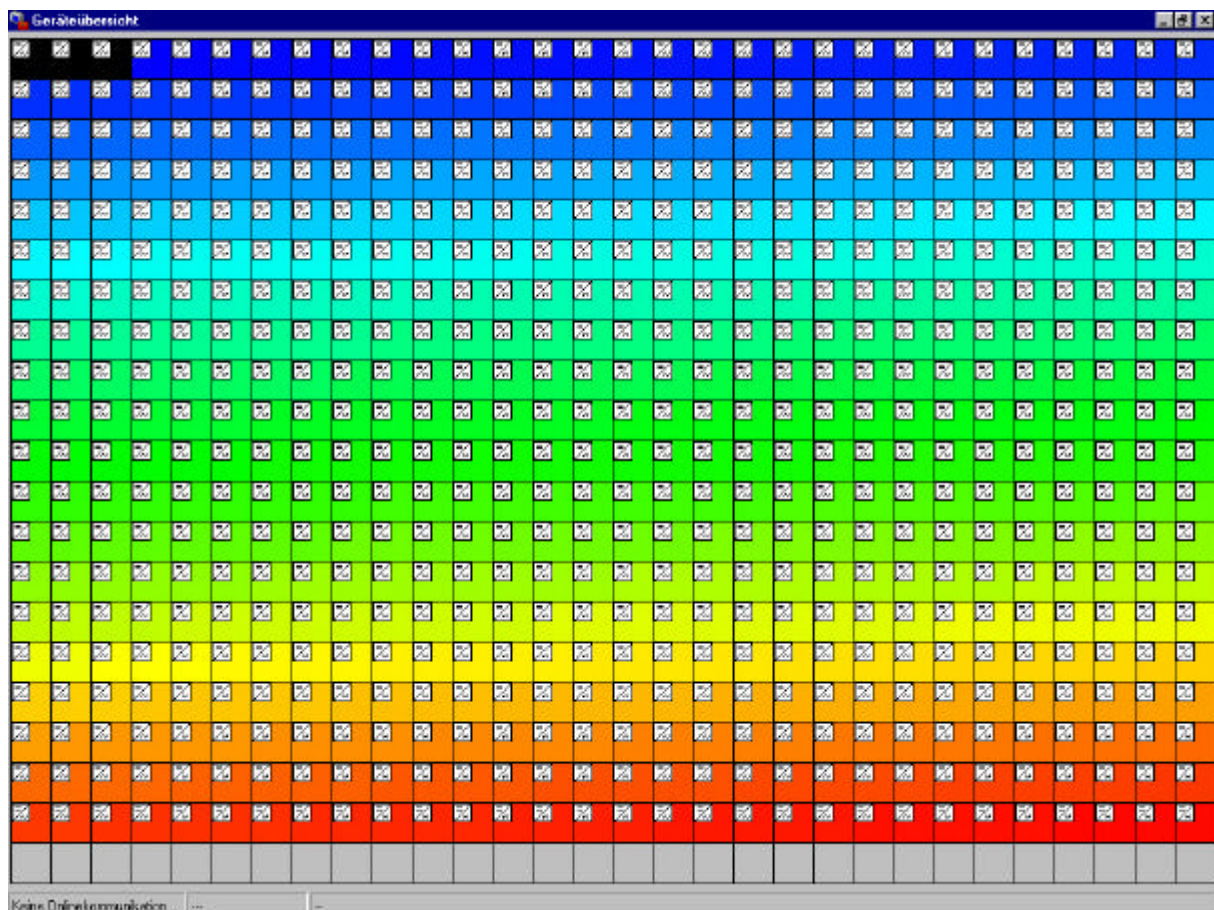


Abbildung 9: Sunny Data Control Oberfläche mit 600 Sunny Boys

2 Funktionsbeschreibung

Bei der Nutzung der Netzleitung für die Signalübertragung wird, wie in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt, der 50 Hz-Netzspannung ein Kommunikationssignal mit einer Trägerfrequenz von 132,45 kHz überlagert.

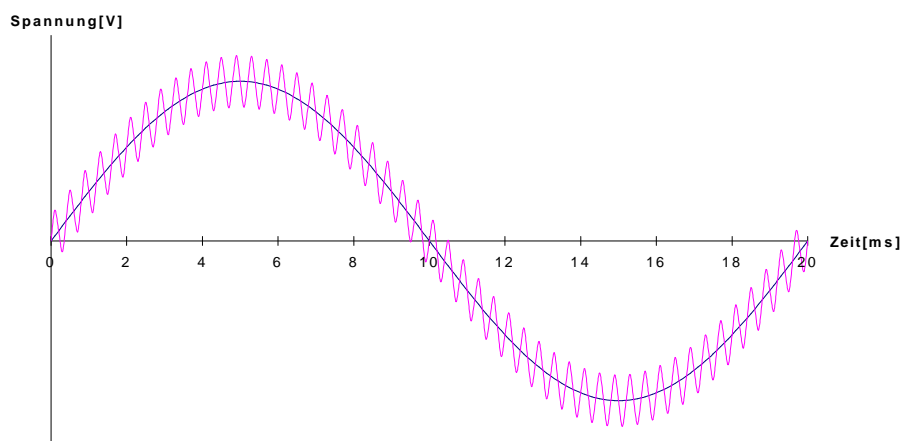


Abbildung 10: Netzspannung mit überlagertem Trägersignal

Um mit Hilfe dieses hochfrequenten Signals Daten zu übertragen, wird dann die Frequenz zwischen zwei festen Werten, die in der Nähe der Trägerfrequenz liegen, umgeschaltet. Wird eine Frequenz von 133,15 kHz auf die Netzleitung gesendet, so interpretiert dies der Empfänger als „logische 0“. Eine Frequenz von 131,85 kHz entspricht der „logischen 1“.

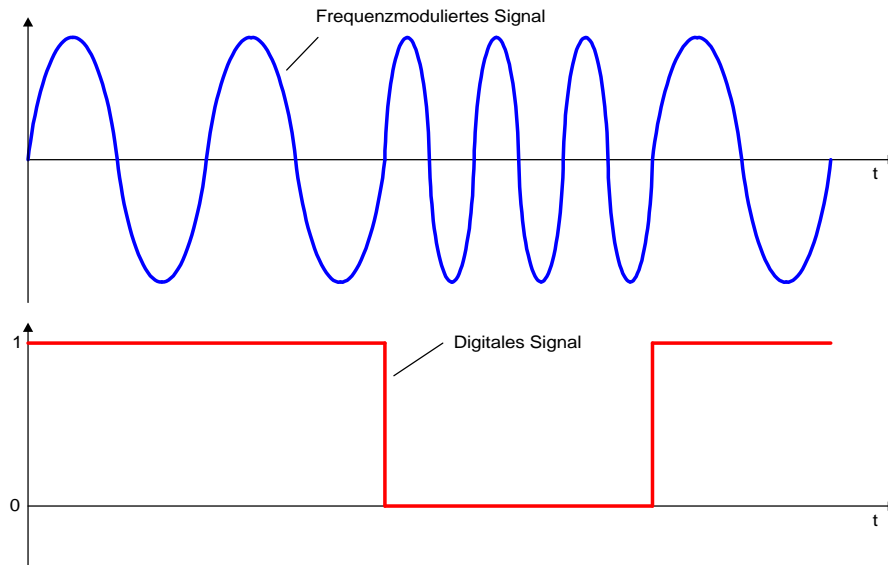


Abbildung 11: Zusammenhang FSK-Signal/Digitalsignal

Durch ständiges Umschalten während eines Sendevorgangs werden dann Daten mit einer Übertragungsrates von 1200 Baud übertragen.

Ein Sendevorgang hat eine maximale Dauer von 1 s. Während dieser Sekunde werden alle Betriebsdaten eines Wechselrichters, die nachfolgend aufgeführt sind, an den PC oder den Datenlogger übertragen.

Meßkanäle

dI	Differenzstrom (Fehlerstrom/nur trafoloser Sunny Boy)
E-total	Gesamtsumme der eingespeisten Energie
Fac	Netzfrequenz
Fehler	Fehlermeldung
Fehler-Cnt	Gesamtsumme der registrierten Fehler und Störungen
h-total	Gesamtsumme der Betriebsstunden im Einspeisebetrieb
Iac-ist	Netzstrom
Ipv	Strom auf der DC-Seite (ab Geräte-SW-Version 4.20)
Netz-Ein	Gesamtsumme der Netzzuschaltungen
Pac	momentane Einspeiseleistung
Riso bzw. RErdStart	Isolationswiderstand der PV-Seite
Seriennummer	Seriennummer des Sunny Boy
Status	aktueller Betriebszustand (z.B. MPP, Warten usw.)
Uac	Netzspannung
Upv-ist	Istwert der PV-Eingangsspannung
Upv-soll	Sollwert der PV-Spannung
Zac	Netzimpedanz

Da nach jedem Sendevorgang eine Übertragungspause vorgeschrieben ist und außerdem vor jedem Abfragezyklus eine Synchronisierung aller Geräte stattfindet, ergibt sich ein fester Wert für die minimal mögliche Zykluszeit zur Datenabfrage. Diese berechnet sich wie folgt:

Minimaler Abfragezyklus [Sekunden] = 2*Anzahl der Wechselrichter + 1



Um in einer Anlage mit 50 Sunny Boys jedes Gerät einmal abzufragen, ergibt sich also eine Zeit von weniger als 2 Minuten (101 s).

Jedem Kommunikationsgerät wird bei der Erfassung automatisch eine eindeutige Netzwerkadresse zugewiesen, so daß jedes Gerät einzeln angesprochen werden kann. Jede Anlage kann also flexibel aufgebaut und erweitert werden, ohne daß zusätzlicher Aufwand für die Datenübertragung entsteht. Nach einer Veränderung im Anlagenaufbau wird einfach erneut eine automatische Geräteerfassung gestartet und die Anlage vollautomatisch konfiguriert, so daß die Betriebsdaten aller Wechselrichter abrufbar sind.

3 Planung und Entstörung von Übertragungstrecken

Die Netzleitungskommunikation der Sunny Boys funktioniert meist auf Anhieb zuverlässig. Trotz der unterschiedlichsten Bedingungen in den verschiedensten Anlagen können die Daten in der Regel über die Netzleitung übertragen werden.

In manchen Installationen müssen jedoch Einschränkungen bezüglich der Flexibilität des Netzanschlusses gemacht werden, oder die Eigenschaften der Übertragungsstrecke müssen durch den Einsatz von Entstörmaßnahmen verbessert werden, so daß die Kommunikation überall in der Installation möglich ist.

Durch die Vielzahl der bisher installierten Anlagen konnten ausreichende Erfahrungen gewonnen werden, unter welchen Umständen bzw. bei welchen Netzverhältnissen die Kommunikation unproblematisch ist und bei welchen Anlagenstrukturen Fehler bei der Datenübertragung auftreten. Die gesammelten Erfahrungen zum Thema Powerline-Datenübertragung sollen im folgenden zusammengefaßt dargestellt werden. Zuerst wird ein Überblick über die Grenzen der Netzleitungskommunikation gegeben, bevor die verschiedenen Ursachen für Übertragungsstörungen erläutert werden. Danach wird eine Möglichkeit zur Störungsanalyse vorgestellt, mit der nachfolgend eine sinnvolle Vorgehensweise zum Entstören einer Anlage gezeigt wird.

3.1 Grenzen und Eckwerte der Powerline-Kommunikation

Die Funktion der Netzleitungskommunikation ist stark von den Umgebungsbedingungen in der jeweiligen Installation abhängig.

Während in Wohnsiedlungen die Netzleitungskommunikation meist über weite Strecken absolut zuverlässig funktioniert, so daß teilweise sogar Geräte aus der Nachbarschaft erfaßt werden können, so kann es in einer industriellen Umgebung, aber auch

in Bürogebäuden mit vielen PCs oder Leuchtstoffröhren, bereits nach kurzen Übertragungstrecken zu einer sehr starken Signaldämpfung kommen. Die maximal mögliche Übertragungstrecke ist dann um ein Vielfaches geringer als in einer ungestörten Umgebung.

Bei günstigen Verhältnissen ist es möglich, Entfernungen von bis zu einem Kilometer mit der Netzleitungskommunikation zu überbrücken.

Auch dreiphasige Installationen mit bis zu 50 Wechselrichtern pro Sunny Boy Control stellen kein Problem für die Powerline-Datenübertragung dar.

Es muß aber immer beachtet werden, daß die Eigenschaften des 230 V-Netzes im Hochfrequenzbereich sehr schwierig zu beschreiben sind und daß vor allem die Eigenschaften des Netzanschlusses für die Powerline-Kommunikation stark unterschiedlich sein können.

Um sicherzugehen, daß die Netzleitungskommunikation in einer geplanten Anlage, in der viele Störquellen oder eine ungünstige Leitungsführung vorhanden sind, funktioniert, sollten deshalb bereits in der Planungsphase Messungen durchgeführt werden (siehe Kapitel 3.3), um die Eigenschaften des Netzanschlusses zu beurteilen, oder der Kommunikationsbereich sollte mittels Trägerfrequenz/Bandsperren vom Netz hochfrequent getrennt werden, so daß keine Abhängigkeit von äußeren Störungen mehr vorhanden ist.

3.2 Störquellen

Die Ursachen für mögliche Übertragungsstörungen lassen sich prinzipiell in 3 Kategorien einteilen, die nachfolgend aufgeführt sind. Hierbei ist zu beachten, daß, je nachdem wie eine Installation aufgebaut ist, durchaus gleichzeitig mehrere Gründe für eine schlechte Übertragungsqualität vorliegen können. Es ist jedoch durch eine systematische Vorgehensweise immer möglich, die Problemursache eindeutig zu identifizieren.

3.2.1 Große Leitungslänge/-impedanz

Um eine sichere Datenübertragung zu erreichen, ist ein Signalpegel von mindestens 10 mV auf der Netzleitung notwendig. Der maximale Sendepiegel für eine Datenübertragung über die Netzleitung liegt bei ca. 1,2 Volt. Auf jeder Übertragungstrecke entsteht jedoch ein Spannungsabfall, so daß von dem am einen Ende gesendeten Signalpegel nur ein Teil am anderen Ende der Übertragungstrecke dem Empfänger zur Verfügung steht. Wie groß der Anteil des Signalpegels ist, der auf der Leitung abfällt, hängt von der Leitungslänge ab.

Es kann jedoch keine generelle Aussage über die maximale Leitungslänge gemacht werden, da der Spannungsabfall außerdem stark von den jeweiligen Netzverhältnissen und dabei insbesondere von der Impedanz des Netzanschlusses im Frequenzbereich der Kommunikation abhängig ist.



Im Gegensatz zur Netzimpedanz im Frequenzbereich von 50 Hz, die für eine verlustarme Energieübertragung möglichst gering sein sollte, ist für den Frequenzbereich der Kommunikation, wie nachfolgend erläutert, eine große Impedanz anzustreben.

Für die Powerline-Kommunikation ist die Impedanz des Netzes für eine Frequenz von 132 kHz entscheidend.

Diese steht in keinem Zusammenhang mit der 50 Hz-Netzimpedanz, die auch vom Wechselrichter überwacht wird.

Jeder Kommunikationsteilnehmer, aber auch die Übertragungstrecke und der Netzanschluß stellen eine Impedanz dar. Es ergibt sich dann bei jeder Übertragung ein Spannungsteiler, wovon ein Bestandteil durch den Empfänger dargestellt wird. Mit immer größer werdenden Leitungslängen ändert sich dieser Spannungsteiler zu Ungunsten des Signalpegels am jeweiligen Empfänger. Der Spannungsabfall auf der Übertragungstrecke ist dabei selten in beiden Richtungen gleich, sondern, abhängig von der Struktur des Netzanschlusses, meist in einer Richtung wesentlich größer.

Befindet sich zum Beispiel das Sunny Boy Control/SWR-COM in der Verteilung einer Anlage und die Wechselrichter sind von dort aus über jeweils eine Stichleitung angeschlossen, so ist die Übertragungsstrecke für eine Übertragung zum Wechselrichter hin sehr viel besser geeignet als umgekehrt. Dieser Effekt kommt dadurch zustande, daß der Spannungsteiler, der hier entsteht, für die beiden Übertragungsrichtungen unterschiedlich aussieht. In der Abbildung 12 ist ein einfaches Ersatzschaltbild dargestellt, mit dem dieser Effekt verdeutlicht werden kann.

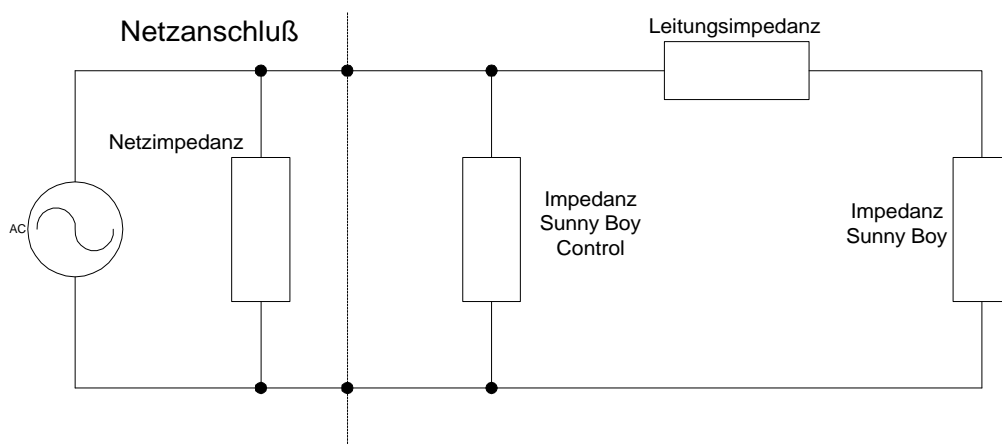


Abbildung 12: Ersatzschaltbild der Übertragungsstrecke

Sendet das Sunny Boy Control, so ergibt sich die Spannungsaufteilung zwischen Sunny Boy und Zuleitung entsprechend des Widerstandsverhältnisses. Sendet jedoch der Sunny Boy, so ist mit einem größeren Spannungsabfall auf der Leitung zu rechnen, da der Spannungsteiler in dieser Richtung die Netzimpedanz beinhaltet. Die „Parallelschaltung“ des Empfängers mit der Netzimpedanz führt zu einer kleineren Gesamtimpedanz, wodurch ein größerer Anteil des Signals auf der Leitung abfällt.

Ist die Kommunikation also bei einer Übertragungsstrecke gestört, so kann es durchaus möglich sein, daß nur in einer Richtung ein zu großer Spannungsabfall auf der Leitung vorliegt. Dadurch kann entweder eine Datenanforderung des Sunny Boy

Control an einen Wechselrichter so stark gedämpft werden, daß der Wechselrichter nichts empfangen kann, oder aber der Wechselrichter empfängt jede Anforderung, aber die Antwort wird so stark gedämpft, daß das Sunny Boy Control/SWR-COM diese nicht empfangen kann. In beiden Fällen ist die Kommunikation nicht möglich.

Um in diesem Fall trotzdem eine Kommunikation zu ermöglichen gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:

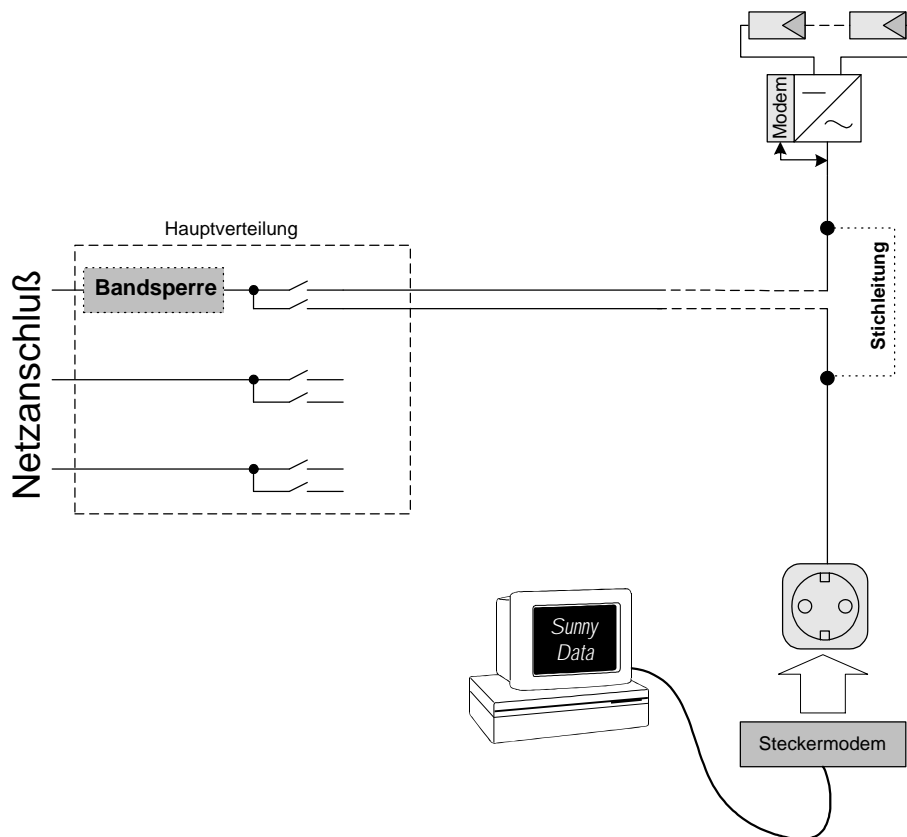


Abbildung 13: Lange Leitungen

1. Die Übertragungsstrecke wird verkürzt, z.B. durch Anschluß des Sunny Boy Control/SWR-COM in der Nähe der Wechselrichter (Abbildung 13), so daß die Signaldämpfung verringert wird.
2. Der Netzanschluß des Kommunikationsbereichs wird über eine Trägerfrequenzsperre/Bandsperre (Kapitel 4.2) geführt (Abbildung 13). Dadurch ändert sich der in der Abbildung 12 dargestellte Spannungsteiler zu Gunsten des Signalpegels, da

die Impedanz, die durch die Parallelschaltung von Sunny Boy Control/SWR-COM und Netzanschluß entsteht, erhöht werden kann und dadurch das Verhältnis zwischen Leitungsimpedanz und Empfängerimpedanz deutlich verbessert wird.

In Extremfällen, wenn die Netzimpedanz sehr gering ist, kann durch die Installation einer Bandsperre eine Vervielfachung der maximalen Übertragungstrecke erreicht werden. In der Regel kann dann die Entfernung zwischen Sunny Boy Control/SWR-COM und Wechselrichter einige hundert Meter, in günstigen Fällen sogar über einen Kilometer betragen.

3.2.2 Kommunikation über mehrere Phasen

In großen Anlagen werden die Wechselrichter meist auf die 3 Phasen des Netzanschlusses verteilt angeschlossen. Dadurch ergibt sich ein geringerer Leistungsverlust auf den Zuleitungen, da bei gleichverteilter Leistung der N-Leiter keinen Strom führt und somit keinen Spannungsabfall verursacht.

Für die Kommunikation entsteht dabei die Schwierigkeit, daß die Signale über die verschiedenen Phasen übertragen werden müssen, um vom Sunny Boy Control/SWR-COM zu einem Wechselrichter zu gelangen, der an einer anderen Phase angeschlossen ist. Ein „Übersprechen“ zwischen den Phasen erfolgt hierbei durch die kapazitive Kopplung zwischen den Phasen, die zwangsläufig vorhanden ist, wenn die Anlage zum Beispiel über eine Drehstromleitung versorgt wird.

In vielen Fällen reicht jedoch die vorhandene Kopplung zwischen den Phasen nicht aus, so daß durch den Einsatz eines Phasenkopplers (Kapitel 4.1) eine Kommunikation über mehrere Phasen ermöglicht bzw. verbessert werden kann. Ein Anzeichen für eine zu geringe Phasenkopplung ist die Beobachtung, daß die Kommunikation mit den Geräten, die an der gleichen Phase wie das Sunny Boy Control/SWR-COM angeschlossen sind, gut funktioniert, die Geräte der anderen Phasen aber nicht erfaßt werden können oder nur sehr schlechte Übertragungsraten erreichen.

Ein Phasenkoppler sollte in jeder 3-phasigen Installation eingeplant werden, um eine deutliche Verbesserung des Signalpegels und damit der Übertragungsrate zu erreichen. Wichtig ist auch die Position des Phasenkopplers (Abbildung 14), denn die entscheidet darüber, in welcher Richtung die Kommunikation zwischen den Phasen verbessert wird.

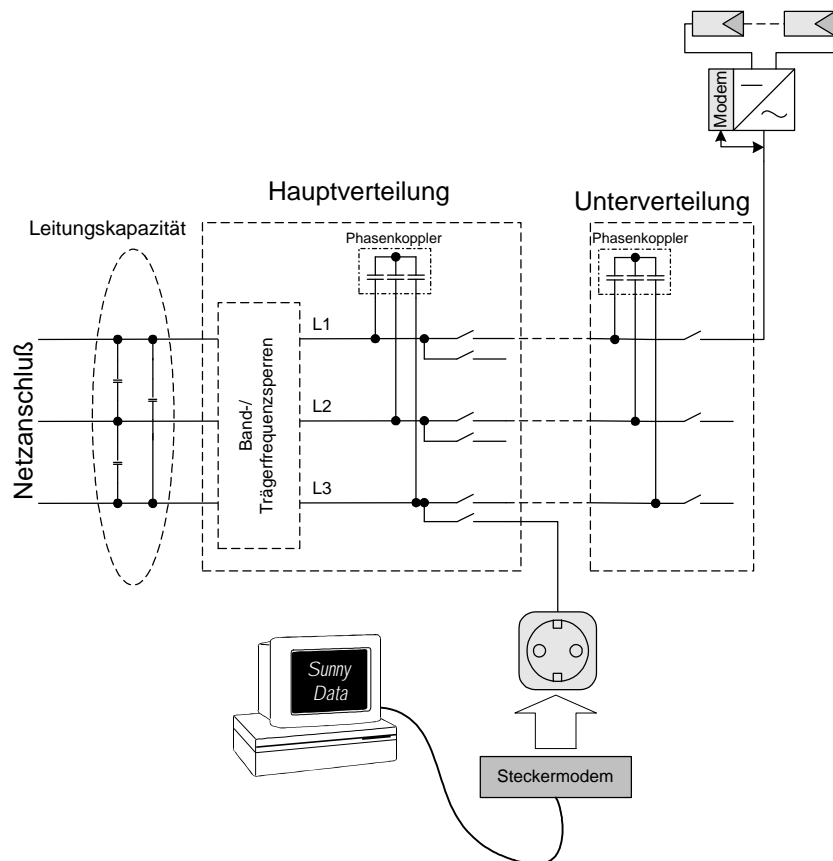


Abbildung 14: 3-phasige Kommunikation

Die Richtungsabhängigkeit ist hierbei wiederum durch den entstehenden Spannungsteiler zwischen Leitungsimpedanz, Netzimpedanz und Impedanz der/des Wechselrichter/Sunny Boy Control zu erklären (s.a. Abbildung 12). Generell sollte der Phasenkoppler möglichst am Ende der Netzleitung, also meist in der Nähe der Wechselrichter, zum Beispiel in einer Unterverteilung (wenn vorhanden), installiert werden. Wenn keine Unterverteilung vorhanden ist, sollte der Phasenkoppler in der Hauptverteilung installiert werden.

Sollte der Einsatz eines Phasenkopplers noch nicht das gewünschte Ergebnis herbeiführen, dann kann ergänzend in jeder Phase eine Bandsperre eingesetzt werden, um die Eigenschaften der Übertragungsstrecke weiter zu verbessern. Ist dies nicht möglich oder nach dem Anschluß über Bandsperren ist noch keine zufriedenstellende Kommunikation hergestellt, so kann es insbesondere bei langen Zuleitungen zum Wechselrichteranschluß nötig sein, einen weiteren Phasenkoppler zu installieren. Ist keine Unterverteilung vorhanden, so können beide Phasenkoppler in der Hauptverteilung einfach parallel angeschlossen werden. Wenn eine Unterverteilung vorhanden ist, sollte bei schlechter Kommunikation ein Phasenkoppler in der Unterverteilung, der zweite Phasenkoppler in der Hauptverteilung angeschlossen werden, damit die Kommunikation bidirektional verbessert wird.

In Extremfällen kann es auch nötig sein, einen dritten oder vierten Phasenkoppler zu installieren, um optimale Ergebnisse zu erreichen. Da die Kommunikation in Richtung des Netzanschlußpunktes der Anlage, wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, kritischer ist als entgegengesetzt, sollten die weiteren Phasenkoppler wieder möglichst nah bei den Wechselrichtern (Unterverteilung, wenn vorhanden) installiert werden, um die Signale mit möglichst hohem Signalpegel auf die Phase zu übertragen, an der das Sunny Boy Control/SWR-COM angeschlossen ist.

Wird die Anzahl der Phasenkoppler weiter erhöht, so kommt es zu einer starken Dämpfung des Kommunikationssignals, da die Kopplung zu den anderen Phasen eine niedrige Impedanz darstellt und damit das Signal belastet und dämpft. Wird diese Impedanz zu gering, so wird der Spannungsabfall auf der Leitung erhöht und somit der Signalpegel reduziert.

Die hier beschriebene Vorgehensweise, in einer 3-phasigen Installation eine Kommunikation zu ermöglichen, schöpft alle Möglichkeiten, die mit dem Einsatz von Phasenkopplern gegeben sind, aus und dient dadurch insbesondere bei extrem schwierigen Anlagen (Störungen, lange Leitungen und 3-phasiger Anschluß) dazu, eine Kommunikation zu ermöglichen. In der Regel reicht jedoch der Einsatz eines Phasenkopplers an beliebiger Stelle in einer Installation aus, um eine sichere Übertragung zu erreichen.

3.2.3 Störungen durch andere Geräte

Andere Geräte, die in der Nähe des Netzanschlusses von Wechselrichtern oder Sunny Boy Control/SWR-COM angeschlossen sind, können die Kommunikation beeinträchtigen. Die Störung kann dabei grundsätzlich zwei verschiedene Formen haben.

Zum einen werden von verschiedenen Geräten Störspannungen ausgesendet, die genau wie das Kommunikationssignal der Netzspannung überlagert sind. Liegen diese Störspannungen in einem Frequenzbereich nahe des Kommunikationssignals, so werden die übertragenen Daten durch die Überlagerung mit der Störspannung verfälscht, so daß der jeweilige Empfänger die übertragene Information nicht interpretieren kann (Beispiel: Babyphone etc.).

Zum anderen besitzen verschiedene Geräte im Bereich der Trägerfrequenz des Kommunikationssignals eine sehr geringe Impedanz, die das Kommunikationssignal stark belastet und damit dämpft (Beispiel: Schaltnetzteile etc.).

Unabhängig davon, welche der Störungen vorliegt, kann bei genügend großem Störeinfluß die Kommunikation stark beeinträchtigt oder sogar verhindert werden. Liegt in einer Installation ein solcher Störeinfluß vor, so kann z.B. durch Umklemmen der störenden Geräte auf eine andere Phase oder einen anderen Leitungsstrang (Abbildung 15) die Datenübertragung ermöglicht/verbessert werden. Ist dies nicht möglich oder sehr aufwendig, so können die störenden Geräte am gleichen Netzanschluß angeschlossen bleiben, wenn ein DämpfungsfILTER, wie z.B. der Filter für Netzleitungskommunikation (Kapitel 4.3), verwendet wird.

Alternativ kann auch eine Stichleitung vom Sunny Boy Control/SWR-COM zum Netzanschluß der Wechselrichter verlegt werden, so daß die störenden Geräte einen ausreichend großen Abstand zu allen Kommunikationsgeräten aufweisen.

Um eine Übersicht über den Störeinfluß verschiedener Geräte zu bekommen, sind im folgenden einige Geräte, die in einer Installation vorkommen, in drei Störklassen unterteilt, aufgeführt:

- Geräte mit hoher Störbelastung

Beispiele: PCs, Monitore, Fernseher, Kopierer, Klimageräte, Solarien, Mikrowelle, elektr. Trafos, Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät, Babyphone, Netzspechanlagen etc.



Geräte wie USV-Anlagen und Wechselrichter (mit Ausnahme der Sunny Boys, die spezielle Entstörfilter besitzen) können die Kommunikation sehr stark stören!

- Geräte mit mittlerer Störbelastung

Beispiele: Elektrokleingeräte (Bügeleisen, Heizlüfter, Wasserkochgeräte etc.), Elektroherde, Kühl- und Gefrierschränke, Hifi-/Videogeräte, Energiesparlampen, Faxgeräte, Kleinmaschinen (Elektrowerkzeuge, Staubsauger etc.)

- Geräte mit niedriger Störbelastung

Beispiele: Glühlampen, konventionelle NV-Halogentrafos, Jalousie- und Markisenantriebe etc.

Insbesondere die in sehr vielen Installationen vorhandenen Geräte wie Fernseher und PC mit Monitor sollten möglichst nicht direkt am Netzanschluß eines Kommunikationsgerätes angeschlossen sein. Gerade wenn ein SWR-COM zur Datenübertragung genutzt wird, werden die Übertragungssignale stark gedämpft, wenn das SWR-COM mit dem PC an der gleichen Steckdosenleiste angeschlossen wird. Um Schwierigkeiten mit der Datenübertragung zu vermeiden, sollten die Netzanschlüsse des SWR-COM und des PC zumindest einige Meter voneinander entfernt sein. Ist dies nicht möglich, so sollten der PC und der Monitor über einen Entstörfilter, wie z.B. den Filter für Netzleitungskommunikation (Kapitel 4.3), angeschlossen werden.

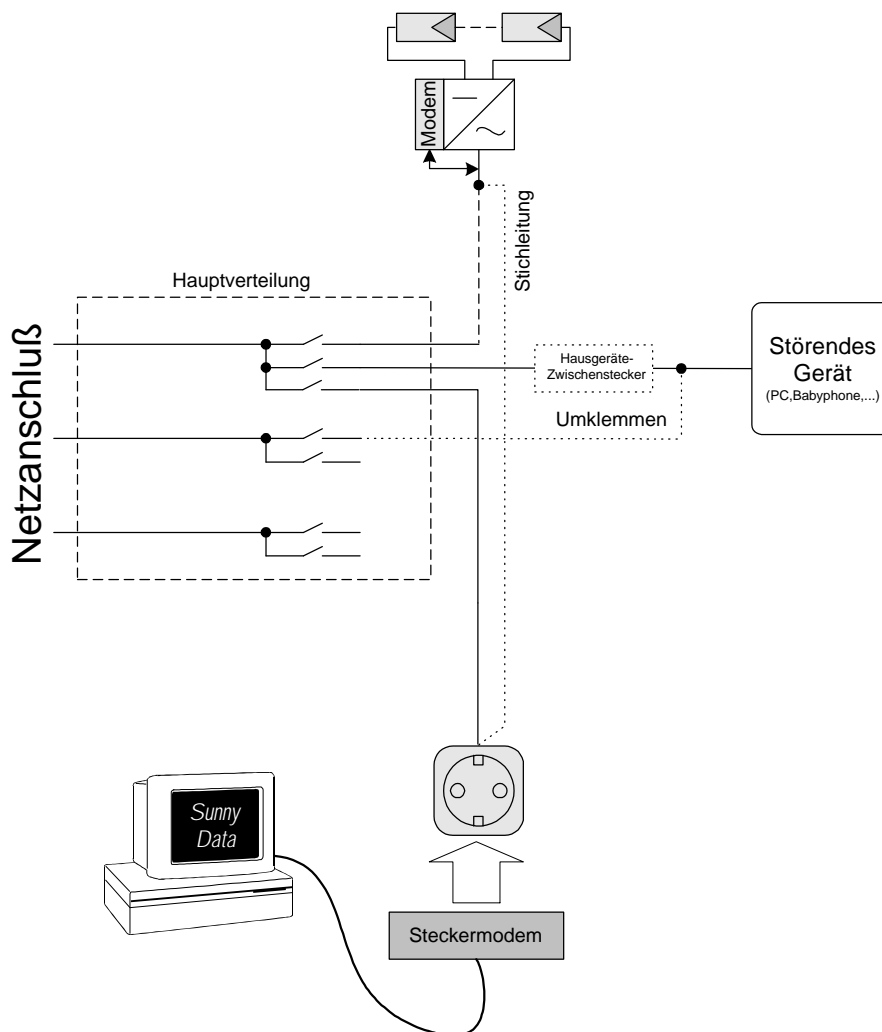


Abbildung 15: Störende Geräte

3.3 Überprüfen der Übertragungsqualität

Wenn die Wechselrichter in einer Anlage auf 3 Phasen aufgeteilt werden sollen und/oder wenn die Leitungslängen extrem groß sind, ist es möglich, die Datenübertragung via Powerline bereits in der Planungsphase zu testen, um den Installationsaufwand und damit auch die Kosten für die Datenübertragung besser abschätzen zu können. Das Ausmessen der Übertragungsstrecke kann entweder mit 2 Sunny Boy Control oder mit einem Sunny Boy Control und einem PC mit dem Steckermodem SWR-COM und dem Programm Sunny Data erfolgen.

Wird der Kommunikationstest mit zwei Sunny Boy Control durchgeführt, so muß ein Sunny Boy Control an der Stelle der Installation angeschlossen werden, an der später der/die Wechselrichter installiert werden soll/en. Das andere Sunny Boy Control wird an der Stelle angeschlossen, wo auch in der geplanten Installation das Sunny Boy Control angeschlossen werden soll.

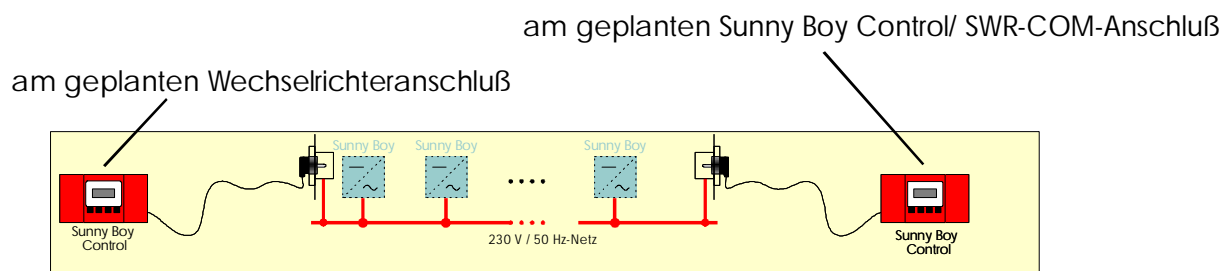


Abbildung 16: Ausmessen einer Übertragungsstrecke mit 2 SBCs

Beim Sunny Boy Control am Standort der Wechselrichter muß nun die Datenabfrage deaktiviert werden (befindet sich das Gerät im Auslieferungszustand, ist diese Deaktivierung nicht notwendig). Bei dem anderen Sunny Boy Control wird die Geräteerfassung aktiviert. Wenn eine Kommunikation über die vorliegende Strecke möglich ist, sollte das Sunny Boy Control am Standort der Wechselrichter erfaßt und registriert werden.

Ist dies nicht möglich, so sollte zunächst die im Kapitel 3.4 beschriebene Vorgehensweise zur Identifizierung der Störquellen durchgeführt werden.

Im Menü „erweiterte Funktionen“ kann dann im Unterpunkt „Diagnose“ die Funktion „Kommunikation“ ausgewählt werden. Mit dieser Funktion wird eine ständige Datenabfrage aktiviert. Die Übertragungsqualität in Prozent wird automatisch angezeigt.

Wird der Kommunikationstest mit einem Sunny Boy Control und einem SWR-COM durchgeführt, so muß das Sunny Boy Control am geplanten Wechselrichteranschluß installiert werden.

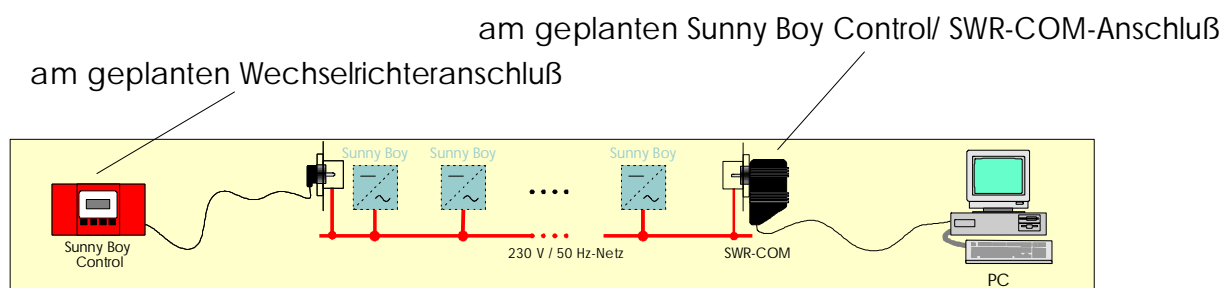


Abbildung 17: Ausmessen einer Übertragungsstrecke mit SBC und SWR-COM

Beim Sunny Boy Control darf wiederum keine Datenabfrage aktiviert sein. Das SWR-COM wird an der Stelle angeschlossen, wo auch in der geplanten Installation die Datenerfassung angeschlossen werden soll. Mit dem Programm Sunny Data wird nun die Geräteerfassung im Menü „Optionen“, „SWR erfassen/konfigurieren“ gestartet. Wenn eine Kommunikation über die geplante Strecke möglich ist, wird das Sunny Boy Control erfaßt und registriert.

Ist dies nicht möglich, so sollte zunächst die in Kapitel 3.4 beschriebene Vorgehensweise zur Identifizierung der Störquellen durchgeführt werden. Um eine Aussage über die Übertragungsqualität zu bekommen, wird die Funktion „SWR-Übertragungsstatistik“ aktiviert. Wie beim Sunny Boy Control wird die Übertragungsqualität in Prozent angezeigt.

Bei einer Übertragungsrate von größer 50 % kommt es in der Regel zu keiner sichtbaren Beeinflussung der Datenübertragung, da nach einem Übertragungsfehler eine Wiederholung der Datenabfrage erfolgt. Erst wenn die wiederholte Abfrage ebenfalls eine fehlerhafte Übertragung zur Folge hat, geht die Information dieses Abfragezyklus verloren. Im Sunny Boy Control bzw. im Programm Sunny Data sind dann für diese Abfrage keine Werte von einem Gerät vorhanden. Das Fenster mit den jeweiligen Informationen bleibt dann leer, bis wieder eine fehlerfreie Übertragung stattgefunden hat.

Wenn in der geplanten Anlage die Wechselrichter auf die 3 Phasen verteilt werden sollen, ist es sinnvoll, auch den Kommunikationstest an allen Phasen durchzuführen. Hierzu muß lediglich das Sunny Boy Control, das sich am Anschlußpunkt der Wechselrichter befindet, an die verschiedenen Phasen angeschlossen werden. Nach jedem Neuanschluß wird die Übertragungsstatistik zurückgesetzt, so daß die Übertragungsqualität für jede einzelne Phase ermittelt werden kann. Wenn eine Kommunikation nur an der Phase möglich ist, an der auch das andere Sunny Boy Control angeschlossen ist, kann in den meisten Fällen durch den Einsatz eines Phasenkopplers (Kapitel 3.2.2) die Kommunikation hergestellt werden. In jedem Fall sollte der Kommunikationstest auf allen Phasen eine Übertragungsrate von größer 50 % aufweisen.



Ab dem dritten Quartal 1999 wird das Sunny Boy Control mit einer integrierten Pegelanzeige ausgerüstet, die den auf dem Netz vorhandenen Signalpegel direkt auf das LC-Display ausgibt.

Eine ungleiche Signalübertragung, z.B. über die verschiedenen Phasen, kann dann sofort anhand der Anzeige des Sunny Boy Control erkannt werden. Eine Störungsanalyse wird somit noch weiter vereinfacht.

3.4 Störanalyse und Entstörung

Ausgangspunkt zur Erzielung einer sicheren Kommunikation sollte möglichst eine funktionierende Datenübertragung sein. Deshalb ist es sinnvoll, bei Nichtfunktionieren der Kommunikation sämtliche Elektrogeräte am gleichen Leitungsstrang (auch Drehstromverbraucher) vom Netz zu trennen.



Die Geräte sollten nicht nur ausgeschaltet, sondern wirklich vom Netz getrennt werden, da eventuell die Eingangskondensatoren von Schaltnetzteilen durch das Ausschalten nicht vom Netz abgekoppelt werden. Diese Kondensatoren können dann wie ein Kurzschluß auf das Kommunikationssignal wirken und so eine Datenübertragung verhindern.

Wenn nach dem Abschalten aller Geräte eine gute Kommunikation (größer 50 % Übertragungsrate) erreicht wird, werden nach und nach alle Geräte zugeschaltet. Bricht die Kommunikation dann nach dem Zuschalten eines Gerätes zusammen, so wird das störende Gerät wieder vom Netz getrennt. Alle Geräte, die keine Beeinträchtigung der Kommunikation darstellen, können am gleichen Netzanschluß angeschlossen werden. Die störenden Geräte sollten dagegen an einen anderen Leitungsstrang angeschlossen werden. Ist dies nicht möglich oder sehr aufwendig, so können die Geräte am gleichen Netzanschluß angeschlossen bleiben, wenn ein Dämpfungsfiter, wie z.B. der Filter für Netzleitungskommunikation (Kapitel 4.3), verwendet wird.

Ist auch nach dem Abschalten aller möglichen Störquellen keine Kommunikation möglich, so ist die Signaldämpfung aufgrund großer Leitungslängen oder der geringen Impedanz des Netzanschlusses zu groß. Eine für diesen Fall sinnvolle Vorgehensweise ist in Kapitel 3.2.1 beschrieben.

Ist bei einer 3-phasigen Installation nach dem Abschalten aller möglichen Störquellen nur die Kommunikation mit den Geräten möglich, die an der gleichen Phase wie das Sunny Boy Control/SWR-COM angeschlossen sind, so sollte wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben vorgegangen werden.

Ist trotz der aufgeführten Maßnahmen in Ausnahmefällen keine Datenübertragung über die Netzleitung möglich, so besteht optional die Möglichkeit, eine separate RS485-Datenleitung zu installieren.



Bevor Sie sich zu diesem Schritt entschließen, rufen Sie die **SMA-Hotline** (Tel: 0561/9522-499) an.

Unsere Hotline wird Sie bei der Störungsbehebung fachkundig unterstützen und mit Ihnen gemeinsam eine an Ihre Installation angepasste Lösung finden.

Bisher konnte nämlich in fast allen Anlagen, auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen, die Netzleitungskommunikation immer entstört werden, so daß diese Technologie der Datenübertragung über eine separate Datenleitung klar vorzuziehen ist.

4 Entstörkomponenten

Die Qualität der Netzleitungskommunikation hängt nicht nur von den technischen Eigenschaften der Sender und Empfänger, sondern ganz wesentlich auch von der Qualität der Übertragungsstrecke ab. Andere Verbraucher oder eine Streckenführung über lange Leitungen oder mehrere Phasen können die Netzleitungskommunikation erschweren. In solchen Fällen ist es sinnvoll, die Übertragungsstrecke für die Hochfrequenzsignale zu optimieren. In diesem Kapitel werden drei handelsübliche Komponenten zur Verbesserung der Kommunikation in ihrem Aufbau vorgestellt und ihr Einsatzgebiet beschrieben.

4.1 Phasenkoppler (2291/ 6984)

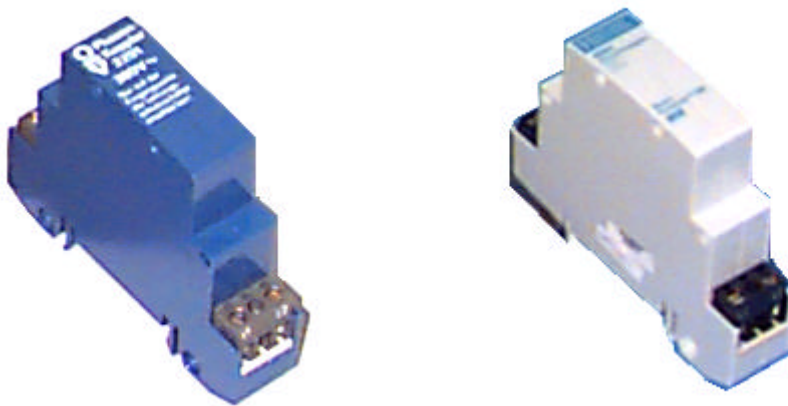


Abbildung 18: Phasenkoppler

Der Phasenkoppler der Firma Busch-Jaeger ist für den Reiheneinbau auf der DIN-Hutschiene vorgesehen. Er erfüllt nach dem Anschluß folgende Funktionen:

- Er erhöht die kapazitive Kopplung zwischen den Phasen, wenn z.B. die Leitungen innerhalb der Installation nicht mindestens einige Meter (als Steg- oder Mantel-Leitungen) parallel verlegt sind, und
- führt damit zu einer Verbesserung der Netzleitungskommunikation über unterschiedliche Phasen.

Die wesentlichen Komponenten des Phasenkopplers sind 3 Kondensatoren in Sternschaltung, die ein Übersprechen des Kommunikationssignals zwischen den Phasen ermöglichen. Außerdem sind alle Kondensatoren mit jeweils einer Sicherung und einem hochohmigen Entladewiderstand versehen. Der Aufbau des Phasenkopplers ist in Abbildung 19 dargestellt.

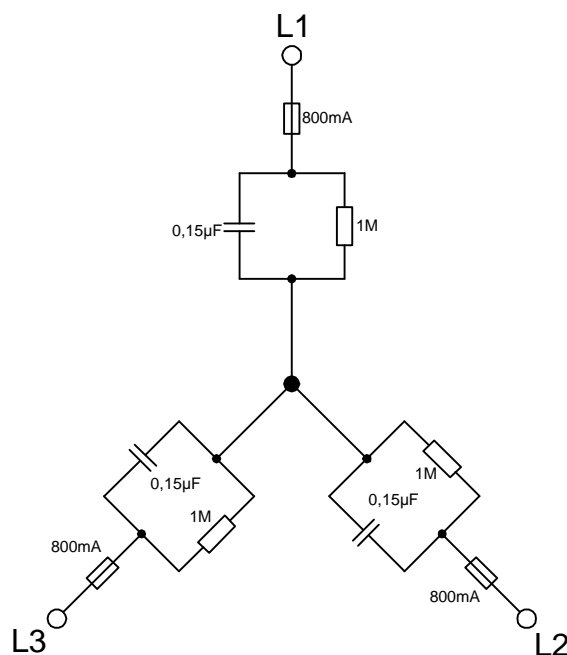


Abbildung 19: Schaltbild Phasenkoppler



Die beiden aufgeführten Modelle (2291 und 6984) sind technisch identisch.

4.2 Trägerfrequenzsperre 2293 / Bandsperre 6981

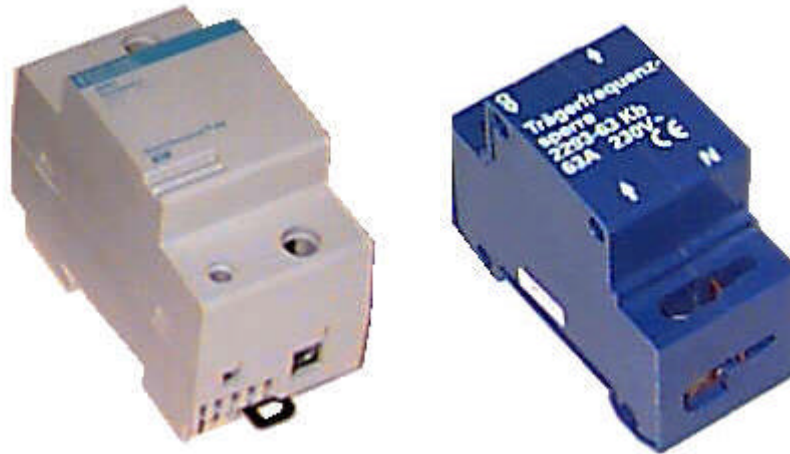


Abbildung 20: Trägerfrequenzsperre/ Bandsperre

Die Band- bzw. Trägerfrequenzsperre ist als Reiheneinbaugerät für den Einbau auf der DIN-Hutschiene vorgesehen. Sie erfüllen nach dem Anschluß folgende Funktionen :

- Der Kommunikationsbereich der Sunny Boys wird gegen äußere Stör- und Rauschspannungen geschützt,
- eine Übertragung über die Grundstücksgrenzen hinaus wird verhindert,
- benachbarte Kommunikationsgruppen werden voneinander abgegrenzt und
- die maximal mögliche Übertragungstrecke wird vergrößert.

Die Bandsperre ersetzt die bisher verwendete Trägerfrequenzsperre.

Die Abbildung 21 zeigt den Aufbau der Bandsperre, der prinzipiell der Trägerfrequenzsperre entspricht.

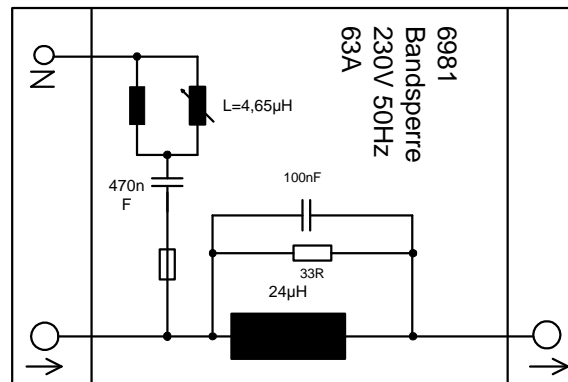


Abbildung 21: Schaltbild
(gemessene Werte)

Die Bandsperre weist eine bessere Dämpfung auf als die Trägerfrequenzsperre, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist.

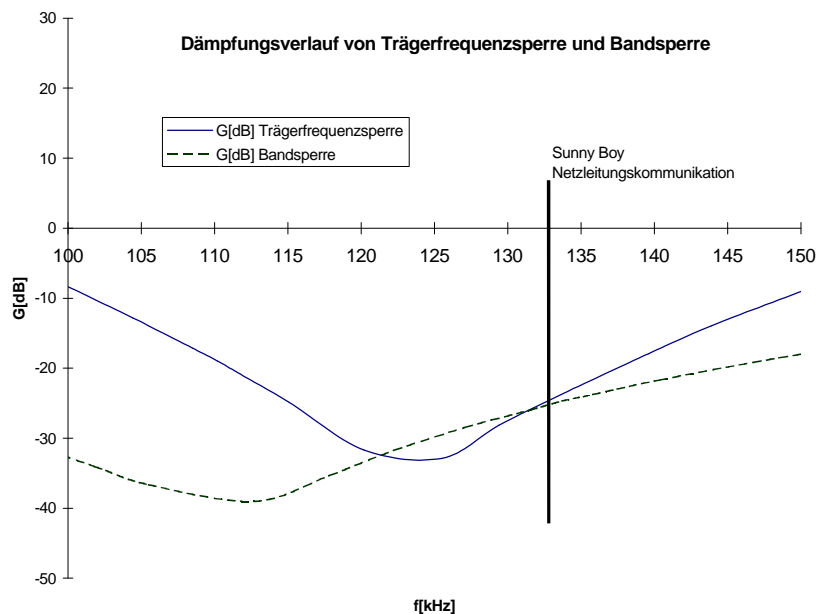


Abbildung 22: Dämpfungsverlauf Trägerfrequenzsperre/Bandsperre

Die Frequenz der größten Dämpfung liegt jedoch deutlich unterhalb der Trägerfrequenz (132,45 kHz) der Sunny Boy Netzleitungskommunikation. Bei 132,45 kHz weisen die Bandsperre und die Trägerfrequenzsperre nahezu das gleiche Dämpfungsverhalten auf. Um Kommunikationsgruppen voneinander abzugrenzen, eignet sich sowohl die Bandsperre als auch die Trägerfrequenzsperre.

Auf der Netzleitung können Störungen über ein großes Frequenzspektrum verteilt vorhanden sein, so daß eine bessere Eignung der Trägerfrequenzsperre oder der Bandsperre von der jeweiligen Störung abhängt. Im Bereich unterhalb der Trägerfrequenz weist die Bandsperre eine deutlich höhere Dämpfung auf.



Da die Eigenschaften der Trägerfrequenzsperre und der Bandsperre sehr ähnlich sind, können diese Komponenten in den meisten Fällen als gegeneinander austauschbar betrachtet werden.

4.3 Filter für Netzleitungskommunikation

Mit Hilfe des Filters für Netzleitungskommunikation kann eine Hochfrequenztrennung zwischen störenden Geräten und dem Kommunikationsbereich der Wechselrichter, ähnlich wie mit der Trägerfrequenz-/Bandsperre, hergestellt werden.

Diese Trennung wird durch die Bereitstellung einer genügend großen Impedanz für die Trägerfrequenz erreicht. Das folgende Diagramm zeigt den Impedanzverlauf des Filters.

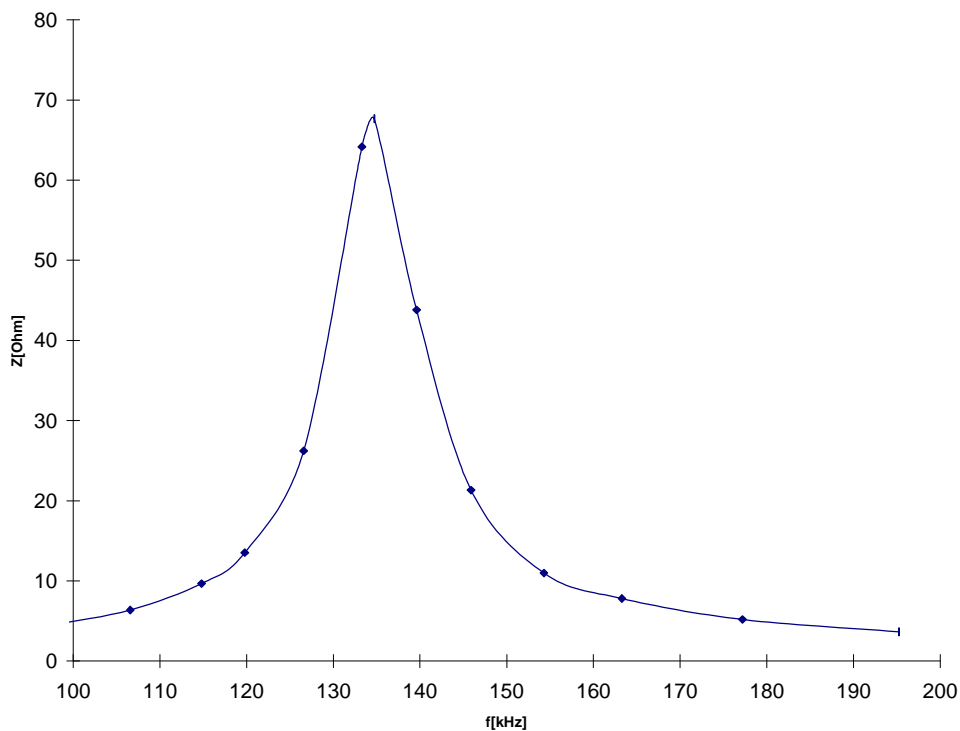


Abbildung 23: Impedanzverlauf Filter für Netzleitungskommunikation

Der Filter, der für einen Nennstrom von 16 A ausgelegt ist, wird als Parallelresonanzkreis, der auf die Sunny Boy Trägerfrequenz abgestimmt ist, aufgebaut (Abbildung 24).

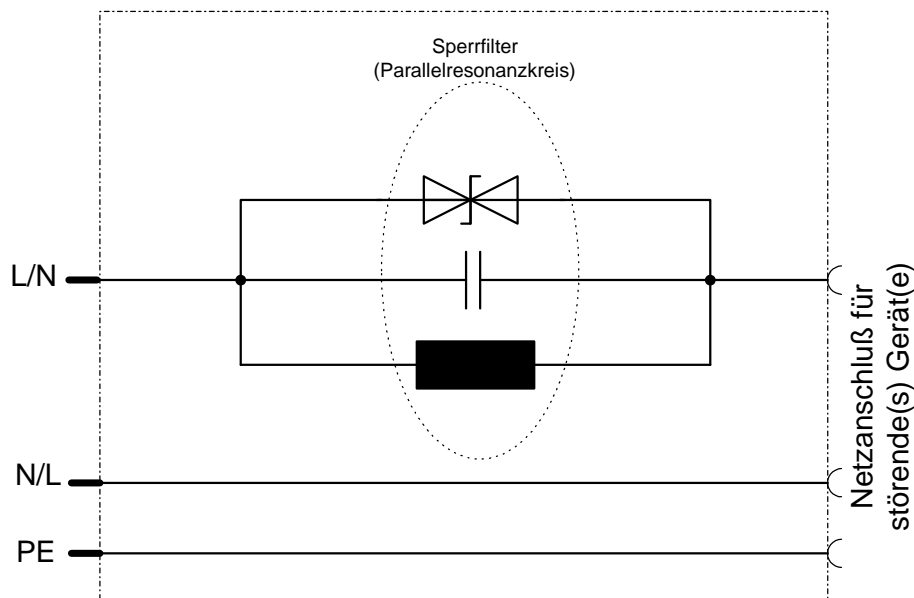


Abbildung 24: Schaltbild Filter

Die dabei verwendete Induktivität muß eine hohe Güte besitzen, damit im Resonanzfall die Impedanz des Schwingkreises ausreichend groß ist. Die Drossel ist deshalb ohne Kernmaterial, also als „Luftspule“ aufgebaut.

Das Filter ist in einem Stecker-Steckdosengehäuse untergebracht, so daß keine Klemmarbeiten für den Anschluß erforderlich sind. Der Zwischenstecker wird einfach in die Steckdose gesteckt, an der ein störendes Gerät angeschlossen werden soll. Das störende Gerät wird dann einfach in die Steckdose des Filters eingesteckt.



Abbildung 25: Filter für Netzleitungskommunikation

Der hier gezeigte Zwischenstecker ist insbesondere dann geeignet, wenn es nicht möglich ist, in einer Installation ein störendes Gerät an einen anderen Leitungsstrang anzuschließen. Ein PC, der zur Datenübertragung zusammen mit einem SWR-COM verwendet wird, kann zum Beispiel beim Anschluß an die gleiche Steckdose wie das SWR-COM eine Kommunikation völlig verhindern. Ist der PC jedoch über diesen Zwischenstecker angeschlossen, wird die Kommunikation nicht beeinträchtigt.



Bisher war bei Busch-Jaeger der „Hausgeräte-Zwischenstecker“ als DämpfungsfILTER erhältlich. Da die Produktion eingestellt wurde, bietet SMA ab Mai 1999 einen entsprechenden Ersatz für den Hausgeräte-Zwischenstecker von Busch-Jaeger, den „Filter für Netzleitungskommunikation“ an.

5 Zusammenfassung

Selbst wenn zusätzliche Entstörkomponenten notwendig sind, um in einer Anlage die Datenübertragung über die Netzleitung zu ermöglichen, so ist der Installationsaufwand als wesentlicher Kostenfaktor immer noch unschlagbar gering. Schließlich besteht die Alternative im Verlegen einer separaten Datenleitung zu jedem einzelnen Kommunikationsteilnehmer.

Da die Reichweite und Zuverlässigkeit der Sunny Boy Powerline-Kommunikation im Zuge der konsequenten Weiterentwicklung noch einmal deutlich verbessert wurden, sollte auch bei großen Anlagen mit bis zu 50 Sunny Boys pro Sunny Boy Control nicht auf die Nutzung der Vorteile der Netzleitungskommunikation verzichtet werden.

Werden die in dieser Beschreibung aufgeführten Zusammenhänge bei der Planung und Installation einer Anlage berücksichtigt, so ist davon auszugehen, daß in jeder Anlage eine Powerline-Datenübertragung möglich ist.

Da die meisten Installationen ohnehin entsprechend der gestellten Anforderungen aufgebaut werden (Zuleitung zu den Wechselrichtern über eine AC-Verteilung), entsteht weder zusätzlicher Planungs- noch Installationsaufwand durch die Anlagenüberwachung via Powerline.

Für die Überwachung von PV-Anlagen, die mit Stringwechselrichtern aufgebaut sind, ist die Powerline-Kommunikation daher das ideale Datenübertragungsverfahren.