



Ortsverband Schleswig M13

Lastenheft Notstromversorgung (NSV)

Projektbezeichnung	Notstromversorgung für Amateurfunk-Stationen
Projektleiter	DO7OMB Oliver Baumann
Erstellt am	21.10.21
Letzte Änderung am	14.11.21
Status	In Bearbeitung (i.B.)
Aktuelle Version	1.3

Änderungsverlauf

Nr.	Datum	Version	Geänderte Kapitel	Art der Änderung	Autor	Status
1	21.10.21	1.0	NA	Erstellung	DK2FT	-
2	25.10.21	1.1	Alle	Übernahme Inhalte ProjGrp 23.10.21	DO7OMB	Entwurf
3	01.11.21	1.2	Alle	Ergebnis Mitprüfung	DO7OMB	i.B.
4	14.11.21	1.3	Alle	Ergänzungen u. Änderungen	DO7OMB	i.B.
5						

1 Einleitung

Der Ortsverband Schleswig M13 beabsichtigt, eine standardisierte und netzunabhängige Stromversorgung für den Funkbetrieb zu entwickeln.

Weiterhin soll – soweit möglich - mit geringem „CO2-Fussabdruck“ Funkbetrieb geführt werden um aktuelle Aspekte aus dem Klima-/ Umweltschutz aufzugreifen.

Es ist beabsichtigt, Ableitungen für abgewandelte Kleinprojekte im OV-Bereich / bei den übrigen Mitgliedern anzustellen.

1.1 Ziel und Zweck

Der Ortsverband beabsichtigt, die OV-eigene Fielddaystation, zusätzlich zum verwendeten Stromerzeugeraggregat (SEA), unter Nutzung einer leistungsfähigen Photovoltaikversorgung (PV) zu betreiben und darüber hinaus mit ausgewählten Stationen und Geräten des Ortsverbandes bei Bedarf netzunabhängig QRV werden zu können. Somit soll eine verlässliche unabhängige Stromversorgung, auch zu Notfunkzwecken, im Ortsverband etabliert werden.

Wir wollen OV-interne Standards für den Aufbau einer Notstromversorgung mit Photovoltaik entwickeln und diese erproben, um es interessierten Mitgliedern des Ortsverbands M13 zu ermöglichen, die entsprechenden Komponenten nachzubauen und um im Bedarfsfall innerhalb des Ortsverbands Einzelkomponenten ausleihen bzw. austauschen zu können.

Dabei wird ein wesentliches Augenmerk auf Umsetzung gelegt, welche „state-of-the-art“ ist und sich an den bislang festgelegten Standards im Notfunk des DARC orientiert.

Wünschenswert ist die Zusammenarbeit mit benachbarten Ortsverbänden, um ortsverbandsübergreifend Erfahrungen auszutauschen, weiterführende Projekte anzustoßen und gemeinsame Standards zu realisieren.

1.2 Ausgangssituation

Der Ortsverband Schleswig M13 verfügt über eine portable Fielddaystation mit guten Möglichkeiten zum HF/VHF/UHF-Betrieb. Die Versorgung der Fielddaystation kann im Bedarfsfall über ein 2kW-Stromerzeugeraggregat erfolgen. Ein Betrieb über Akkumulatoren/ Photovoltaik-Speisung ist zurzeit noch nicht möglich.

Weiterhin verfügt der Ortsverband über eine festgelegte Amateurfunkstation in KROPP (DO7OMB in JO44SK) mit guten Möglichkeiten zum HF/VHF/UHF-Betrieb. Der QTH Kropp ist vergleichsweise günstig für viele Mitglieder erreichbar und kann so auch bei der Abwesenheit von OM Oliver, DO7OMB in Betrieb genommen werden. Die Versorgung dieser Station kann im Bedarfsfall über ein 2kW-Stromerzeugeraggregat erfolgen. Ein Betrieb über Akkumulatoren/ Photovoltaik-Speisung ist zurzeit noch nicht möglich.

Aus eigener Bewertung sind zurzeit nur wenige Funkamateure in Schleswig-Holstein dazu in der Lage, netzunabhängig und durchhaltefähig Ihre Funkanlagen – oder auch nur Anteile davon - in Betrieb nehmen zu können. Der Ortsverband Schleswig stellt darin keine Ausnahme dar.

Im OV Flensburg M03 konnte eine vergleichbare Stromversorgung mit Anteilen PV im Betrieb besichtigt werden. Diese wird u.a. auf Fielddays eingesetzt - Link: [Notstromversorgung M03](#). Die Clubstation der OV Flensburg ist ebenfalls über ein SEA notfunkfähig – Link: [Clubstation M03](#).

Im deutschen Zentralregister für notfunkfähige Amateurfunkstationen sind bis jetzt nur 2 Stationen in Schleswig-Holstein gelistet (DO7OMB und DK2FT).

2 Konzept

2.1 Ziel(e) und Nutzen für den Ortsverband

- Grundsätzliche Steigerung der Befähigung zur Teilnahme an Notfunktätigkeiten (Gewinn von Know-How und Anschaffung der Technik).
- Aktivierung von Mitgliedern / Wecken von Interesse an den Themen Notfunk und/oder Photovoltaik.
- Gewinnen von Erfahrungen im Umgang mit Photovoltaik unter Einbindung von Akkumulatoren.

- Wissensauffrischung Thematiken „moderne Ladetechnik / moderne Akkus“.
- Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten der Fielddaystation.
- Redundanz zum Stromerzeugeraggregat (welches im Bedarfsfall weiter genutzt wird).
- Unabhängigkeit von öffentlichen Stromnetzen.
- Leistungsfähige Stromversorgung in Not- und Katastrophenfällen.
- Leistungsfähige Stromversorgung für Portabelbetrieb.
- Einsparung von CO2 (Attraktivitätsgewinn im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit).
- Ableitung von Kleinprojekten z.B. Kinderferienspass (z.B. Solar-USB-Handyladegerät).

2.2 Ziel(e) und Nutzen für den Einzelanwender

- Gewinnen von Erfahrungen im Umgang mit Photovoltaik unter Einbindung von Akkumulatoren.
- Wissensauffrischung Thematiken „moderne Ladetechnik / moderne Akkus“.
- Redundanz zu bisher genutzten Stromquellen.
- Unabhängigkeit von öffentlichen Stromnetzen.
- Leistungsfähige Stromversorgung in Not- und Katastrophenfällen.
- Leistungsfähige Stromversorgung für Portabelbetrieb.
- Einsparung von CO2 (als persönlicher Beitrag).
- Schaffen von einfachen Möglichkeiten zur Steigerung der eigenen Vorbereitung für Notsituationen, z.B.
 - netzunabhängiges Betreiben kleiner Funkanlagen (HaFu oder Mobil).
 - Laden der eigenen Handfunkgeräteakkus.
 - Betreiben / Laden weiterer Geräte z.B. Lampen etc.
 - Ausbau / Aktualisierung der portablen Station (Fieldday / QRP etc.).

2.3 Zielgruppe

Alle Mitglieder des Ortsverbands Schleswig M13 und unsere Nachbar-OV's.

3 Funktionale Fähigkeitsforderungen

3.1 Allgemein

- Der portable Einsatz muss möglich sein.
- Der Behälter der NSV muss robust beschaffen, mindestens spritzwassergeschützt (IP-Schutzart 44 oder höher) sein und sollte ausreichend Platz für Akkumulatoren, Technik und – soweit möglich – Zubehör haben.
- Möglichst gut tragbar sein, z.B. durch Griffe (Einbau Feststation KROPP / ggf. Ausweichstationen / Fielddaybetrieb / Präsentationen).
- Gewicht grundsätzlich sekundär, jedoch sollte das Gesamtgewicht ca. 20kg nicht wesentlich überschreiten.
- Verwendung von im Notfunk gebräuchlicher Steckerformate / Anschlüsse.
- Einfach zu betreiben und bedienen.
- Zuverlässig und langlebig.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- Als Batteriebehälter wird eine GFK-Batteriekiste Bundeswehr Fm-Kabine genutzt (aus Bestand DO7OMB).

3.2 Akkumulator

- 12 Volt.
- Ausreichend hohe Kapazität der/ des Akkus. Kapazität 75 - 100 Ah.
- Kein Memoryeffekt.
- Lange Lagerfähigkeit in geladenem Zustand /niedrige Selbstentladung.
- Hohe Anzahl an Lade- / Entladezyklen.

- Geringes Gewicht / Volumen.
- Weiter Temperaturbereich bei Entladung (Laden bis 0° Celsius).
- Hohe Betriebssicherheit (Brandgefahr).
- Größenbeschränkung: Akkus deutlich über 80 Ah passen nur mit erheblichen Umbaumaßnahmen in die Akkubox. Die Maße je Batterie dürfen L 26cm x B 27,5cm x H 25cm nicht überschreiten. Die Akkubox ist grundsätzlich dafür geeignet, zwei solcher Akkus aufzunehmen.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- Die oben angeführten Spezifikationen finden sich ausschließlich beim Akkutyp LiFePo (vergleichsweise hoher Preis).
- Kapazität nicht unter 75 Ah.
- Beschaffung zunächst eines Akkus aus dem gehobenen Mittelklassensegments mit ca. 75 Ah (liegt mit ca. 500€ im Finanzrahmen).
- Die Akkubox nimmt bei Bedarf einen zweiten Akku 75 Ah auf – so lässt sich die Kapazität auf ca. 150 Ah verdoppeln.

3.3 Photovoltaik

- PV-Panele mit möglichst hoher Leistung bei für den Portabelbetrieb handhabbarer Größe/ Gewicht.
- Leistung min. 180 Watt und hoher Wirkungsgrad.
- Möglichst hohe Ladespannung.
- Mechanisch robust.
- Betrachtung Vorteile monokristalliner PV zu polykristalliner Ausführung.
- Betrachtung Parallelschaltung der PV-Panele .
 - Nachteil: Bei Parallelgeschalteten Solarmodulen dauert es länger am Tag, bis die Solarplatten über eine, für die Ladung notwendige Spannung, hinauskommen und sie werden schon früher weniger als eine Ladefähige Spannung abgeben.

- Vorteil: Sollte eines der Solarmodule in einer Parallelschaltung verschattet werden, liefern die anderen weiter Strom.
- Betrachtung Reihenschaltung der PV-Panels.
 - Nachteil: Wenn eines der Solarmodule in einer Reihenschaltung verschattet wird, bricht die gesamte Reihe ein – es wird verhältnismäßig wenig geladen.
 - Vorteil: Die Reihenschaltung hat eine vergleichsweise hohe Spannung anliegen, die bereits bei wenig Sonnenlicht anders als bei parallelgeschalteten Solarmodulen, eine brauchbare Ladespannung erzeugen kann. So werden z.B. auch im Winter werden noch ordentliche Stromerträge verzeichnet.
- Betrachtung normaler PV-Panels.
 - Nachteil: Portable Ausbringung der PV-Anteile über Ständer mit Neigung.
 - Vorteil: Preis.
- Betrachtung fertiger Faltschutts und Faltschutts.
 - Nachteil: Preis.
 - Vorteil: Betriebsfertig für Outdoorbetrieb.
- PV-Anteile sollten einfach aufrüstbar mit zusätzlichen Panels sein.
- PV-Anteile sollten an anderen NSV einsetzbar sein.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- Panel in monokristalline Ausführung.
- Aus Größen- und Gewichtsgründen Nutzung von Panels ≥ 20 / ≤ 30 Volt Ladespannung.
- Min. 195 Wp. / Ladespannung +20 Volt.
- Verwendung von zwei Panels.
- Reihenschaltung.
- Herkömmliche Bauweise mit zusätzlichem Ständer für Portabelbetrieb / keine ausgewiesenen Portabel PV-Panels (deutlich teurer).
- Der Steckerstandard für PV-Module MC4 bleibt unverändert.

3.4 Laderegler

- Integrierter MPPT Laderegler (state-of-the-art).

Vorteile MPPT: Durch MPPT (Maximum Power Point Tracking) wird die Solarleistung der Solarmodule optimal genutzt - 15-30% mehr Solarstromertrag.

Ein MPPT-Regler findet immer den Spannungs-Punkt mit der höchsten Leistung eines Solarmoduls und erzielt so den höchstmöglichen Wirkungsgrad auch unter schwierigen Bedingungen wie Kälte, Hitze, bewölktem Himmel oder tiefentladener Batterie. Mit MPPT-Laderegler können auch Solarmodule verwendet werden, die eine wesentlich höhere Spannung haben als herkömmliche 12V-Solarpanel.

- Laderegler einfach bedienbar, programmierbar, Akkudaten auslesbar.
- Bei Bedarf Anschluss eines Ladegerätes / Kommunikation zwischen Laderegler und Ladegerät.
- Bei Anbindung über Bluetooth und einer Bedieneroberfläche in Form einer App sollte diese kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin hat das Pairing des Ladereglers mit einem Handy einfach zu erfolgen.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- MPPT-Laderegler.
- Auslesen der Daten über Bluetooth.
- Dieser Laderegler ist zu verbauen: [SmartSolar MPPT Laderegler](#).

3.5 Stecker / Verbindungen

- Möglichst geschützte Montage der Buchsen.
- Möglichst gängiger Standard Notfunk (Powerpole) auf Verbraucherseite.
- Anschluss mehrerer Powerpole-Stecker notwendig (Funkgerät, Sequenzer, Meßgerät).
- Verbraucherseitig Anschluss die Möglichkeit zum Anschluss unterschiedlicher Steckerformate um bei Bedarf unterschiedliche Formate bedienen zu können.
- Nutzung standardisierter Stecker.
 - PV-Verbindung zur NSV (MC4-Einbaubuchsen zu fragil und nicht für die Wandstärke der Akkubox geeignet).
 - PV zu PV bei Reihen- bzw. Parallelschaltung der PV-Panels.

- PV-Verlängerungskabel. Verlängerungskabel PV zu NSV.
- Anschluss Verbraucher-Seite.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- Anschluss Verbraucher-Seite mit Powerpole.
 - Die NSV wird mit mindestens 2 Powerpoleanschlüssen ausgestattet.
 - Daran ist ein Powerpole-Verteiler mit min. 4 Buchsen zu verwenden.
 - OV-Geräte werden verbraucherseitig auf Powerpole umgerüstet.
- Für die Anbindung der PV-Kabel und eines Ladegerätes nutzen wir Powercon.
 - Dazu bedarf es eines Adapters von Powercon auf MC4.
 - Einbaubuchse Akkubox PV: Neutrik NAC3PX-TOP (Doppelbuchse)
 - Einbaubuchse Akkubox Ladegerät: Neutrik NAC3PX-TOP (Doppelbuchse)
 - Schutz der Buchsen mit Schutzkappe Akkubox: Neutrik SCNAC-PX
 - Solarkabel 6mm mit MC4 (m/w) zum Anschluss Powercon-Stecker
 - Stecker Solarkabel zu Akkubox PV: NAC3FX-W-TOP
 - Stecker Ladegerät zu Akkubox PV: NAC3MX-W-TOP
- Alle PV-Verbindungen ab Adapter über MC4.
 - PV zu PV bei Reihen- bzw. Parallelschaltung: Standard-PV-Stecker MC4.
 - PV-Verlängerungskabel: 15m Länge von den der PV zu NSV.
 - Für eine Parallelschaltung der PV-Panele ist bei Bedarf ein Y-Verteiler zu beschaffen.
- Verbraucherseitig zusätzlicher Anschluss unterschiedlicher Steckertypen: MFI Verteiler Powerpole / Banane.

3.6 Weitere Komponenten

- Digitales Voltmeter.
- Mindestens ein Ausgang Verbraucherseite 12 Volt.
- Verbraucherseite: Unterschiedliche Steckerformate 12 Volt (Powerpole, Banane).
- Verbraucherseite 2x USB-Ausgang.
- Eingebaute Ladegerät zur Ladung/ Erhaltungsladung / Pufferladung ohne PV.
- Verbraucherseite Wechselrichter 230 Volt (150 Watt aufwärts).

Festlegungen für das OV-Projekt:

- 2 Ausgänge 12 Volt mit Powerpole.
- 1 Ausgang 230 Volt / über 300 Watt Wechselrichter (aus Bestand DO7OMB).
- 2 Ausgänge USB.
- Digitales Voltmeter 5 Ziffern Segmentanzeige.

3.7 Zusätzliche funktionale Fähigkeitsforderungen

- Zusätzliche Beleuchtung an der NSV um diese bei Dunkelheit / eingeschränkter Sicht in Betrieb nehmen zu können.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- Notbeleuchtung über Knicklichter (Aussenseitig / griffbereit) und beigelegte USB-LED-Lampe zum Anschluss an verbaute USB-Anschlüsse (je aus Bestand DO7OMB).

3.8 Einrüstung der NSV in den Shack DO7OMB

Die verwendete Funkkabine verfügt über gute Möglichkeiten zum HF/VHF/UHF-Betrieb. Die Versorgung der Station kann im Bedarfsfall über ein 2kW-Stromerzeugeraggregat erfolgen. Hierbei ist die Kabine (inkl. Heizung und Lüftung) in der Regel ca. 36 Stunden betriebsbereit – darüber hinaus abhängig von der eingelagerten Kraftstoffmenge.

- Im Rahmen des Notfunkbetriebes liegt der Schwerpunkt beim Betrieb der Funkgeräte.
 - Primär VHF/UHF FM.
 - DMR bei Bedarf.
 - HF bei Bedarf.
- Einbindung in die 12 Volt Stromversorgungsanlage Funk notwendig.
- Als 12 Volt-Ausführung kein Betrieb der kompletten Funkkabine möglich, da die Kabinenelektronik auf 24 Volt läuft.
- Einbindung in die 24 Volt Stromversorgungsanlage Kabine möglich.

Festlegungen für das OV-Projekt:

- Keine zusätzlichen Kosten für den OV.
- Ausführung nicht als USV notwendig.
- Zum robusten Betrieb sind eigene PV-Panele notwendig, die fest zu verbauen sind. Auf die Panele des OV kann, ergänzend zur Steigerung der Effizienz der vorhandenen Anlage, zurückgegriffen werden.
- Ausbau der NSV auf 24V (Betrieb der gesamten Kabine) wünschenswert aber nicht zwingend notwendig. Betrachtung für die Zukunft.

4 Nichtfunktionale Anforderungen

4.1 Allgemeine Anforderungen

Der einfachen Marktverfügbarkeit der Bauteile kommt eine besondere Bedeutung zu um die Möglichkeiten zum Nachbau zu unterstützen. Alle Komponenten sollten standardmäßig lieferbar sein.

Es sind gängige Hersteller zu wählen, um eine möglichst lange Ersatzteilverfügbarkeit zu gewährleisten und den Nachkauf gleicher Komponenten zu vereinfachen (Bsp. Weiterer Akku zur Parallelschaltung). Nischenprodukte sind zu meiden.

Die Komponenten im Behälter der NSV sind zu beschriften. Ebenso alle Anschlüsse.

Der NSV ist eine bebilderte Bedienungsanleitung beizufügen.

4.2 Gesetzliche Anforderungen

- NA.

4.3 Technische Anforderungen

Die für das OV-Projekt gewählten technischen Spezifikationen orientieren sich an den gängigen, für Notfunktätigkeiten vereinbarten, Standards. Dies gilt im Besonderen für die Konfektionierung der Anschlussmöglichkeiten von Verbrauchern, hier als Standard gesetzt: Powerpole.

OV-interne Standards werden mit Nachbar-OV's und beteiligten Behörden abgestimmt.

4.4 Ansprechstelle für Koordination und Fragen

Oliver Baumann DO7OMB / do7omb@darcl.de.

5 Anhang

5.1 Festlegungen für das OV-Projekt - Beschaffungsliste

- Akkubox
 - 1x GFK-Batteriekiste Bundeswehr Fm-Kabine (aus Bestand DO7OMB).
- Akkumulator
 - 1x [LiFePO4 Batterie 80Ah 12,8V](#) € 519,95
- Photovoltaik
 - 2x [AE Solar M6-36 Solarmodul Monokristallin 195Wp](#) € 175,00 = 350,00
- Laderegler
 - [SmartSolar MPPT Laderegler](#) € 161,84
- Digitales Voltmeter
 - [JOY-IT VM533: LED, Voltmeter, 5 Digit, 3,5 bis 30 V \(DC\)](#) € 8,99
- Stecker / Buchsen
 - [Einbaubuchse Akkubox PV/Ladegerät: Neutrik NAC3PX-TOP](#) € 8,90
 - [Stecker Solarkabel zu Akkubox PV: NAC3FX-W-TOP](#) € 7,75
 - [Stecker Ladegerät zu Akkubox PV: NAC3MX-W-TOP](#) € 7,75
 - [Schutzkappe Akkubox: Neutrik SCNAC-PX](#) € 0,99
 - [1m Kabel beidseitig Solarstecker rot / schwarz 6mm²](#) € 9,95
- Ausgänge Powerpole
 - [Panelmount 4 Powerpole Kontakte | WiMo](#) € 27,50
- Wechselrichter 230 Volt
 - 1 Ausgang 230 Volt / über 300 Watt Wechselrichter (aus Bestand DO7OMB).
- Ausgang 230 Volt
 - [Außensteckdose mit USB Gartensteckdose](#) € 15,99
- Anschlussverteiler (Powerpole, Banane, sonstige)
 - 1x [12 Volt Powerpole-Verteiler](#) € 84,00

- Anschlusskabel Photovoltaik MC4		
○ 15m Kabel beidseitig Solarstecker rot / schwarz 6mm²		€ 38,95
- Weiteres Zubehör und Montagematerial		
○ 3x Verbindungsset Solarladeregler zur Batterie (1 Meter)		€ 3,90 = 11,70
○ 1x PowerPole Kontakte 30A 10 Satz (20 Stk) WiMo		€ 12,90
○ Kleinteile, Schrauben, Klemmen div.		€ 25,00
	Gesamt	€ 1292,16

5.2 Komponentenliste (Auswahl unterschiedlicher Hersteller / Ausführungen)

Technische Spezifikationen/Abmessungen der standardisierten Komponenten in den jeweiligen technischen Dokumentationen.

- Akkumulatoren		
Manomano 100Ah 12V 1.2KWh LiFePO4 Batterie		€ 412,20
ENERpower LiFePO4 12V (12,8V) 100Ah		€ 540,00
LiFePO4 Batterie 80Ah 12,8V		€ 519,95
LIONTRON LiFePO4 12,8V 80Ah LX Smart BMS		€ 789,95
- Photovoltaik		
AE Solar M6-36 Solarmodul Monokristallin 195Wp		€ 175,00
AE Solar M6-60 Solarmodul Monokristallin 315Wp Full Black		€ 189,88
Flexibles Solarpanel Solarmodul GC Solar Panel 12V 18V 100W ETFE		
Solarkoffer / Solartaschen - GreenAkku		
- Laderegler		
SmartSolar MPPT Laderegler		€ 161,84
BlueSolar MPPT 75/10 Solarladeregler 12/24V 10A		€ 81,93
- Buchse/Stecker (PV zu Akkubox / Ladegerät zu Akkubox)		
https://www.neutrik.de/de-de/neutrik/produkte/powercon		

- 2 Ausgänge Powerpole	
Panelmount 4 Powerpole Kontakte WiMo	€ 27,50
- 2 Ausgänge USB	
BST 67322500: KFZ - USB-Ladebuchse, 2-fach, 12 - 24V, 5V - 2,5A	€ 20,80
Panelmount 2 USB-Buchsen WiMo	€ 33,50
USB Ladegerät Buchse Auto Steckdose 12V Einbau	€ 7,90
12V Auto Steckdose 2 USB Ladegerät Buchse m. Schalter	€ 14,27
Außensteckdose mit USB Gartensteckdose	€ 15,99
- Digitales Voltmeter	
Digital Voltmeter	€ 7,61
- Zubehör	
12 Volt Powerpole-Verteiler	€ 84,00
PowerPole 7x Verteiler, Sicherungen WiMo	€ 79,00
PowerPole Kontakte 30A 10 Satz (20 Stk) WiMo	€ 12,90
Solarmodul-Verbindungskabel 2 x 6mm² 8m	€ 44,90
15m Kabel beidseitig Solarstecker rot / schwarz 6mm²	€ 38,95
Phaesun 500039 QuickCab4-2,5/5 Installationskabel 2.5mm² 5.00m	€ 18,60
Solarkabelstecker 10AWG,50FT (15m/Paar) - 50FT (15m/Paar)	€ 58,99
Solarpanel-Verlängerungskabel mit MC4-Stecker rot + schwarz Paar,10m	€ 19,99

5.3 Fotodokumentation (folgt)

Dokumentation der Bauabschnitte bzw. Beschreibung des Einbaus der Komponenten.

5.4 Internetquellen

Wissenswertes rund um Photovoltaik, insbesondere 12 Volt-technik und mobile Nutzung.

- [Planung einer Solaranlage \(womoblog.ch\)](#)
- [LiFePO4 Wahrheit und Mythen | ENERprof](#)
- [Lithium-Batterie im Wohnmobil: LiFePO4 Ratgeber - Campofant](#)

- [Solaranlage montieren: Einbauanleitung fürs Wohnmobil - Campofant](#)
- [Solaranlage fürs Wohnmobil nachrüsten, so geht's - Campofant](#)
- [Solarmodule - GreenAkku](#)
- [Alles Wissenswerte zu Solarpanels mit 12 V | solarenergie.de](#)
- [Solarmodule Solarpanel 12V 24V 36V \(solar-autark.com\)](#)
- [330W Solarpanel Solarmodul Photovoltaik Modul Solarzelle Monokristallin Solar](#)
- [revolt Produkte SOLARPANEL \(revolt-power.de\)](#)
- [Solarpanel - So erkennen Sie gute Qualität! \(solaranlagen-portal.de\)](#)

5.5 Sonstige Quellen

- <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/web-entwicklung/lastenheft>