

Anleitung zu einer All-in-one-Solarlösung für Zeltlager

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	2
2	Lösung	2
2.1	Kühlen: Gefriertruhe mit Thermostat	2
2.2	Laden: direkt an der Powerstation	2
3	Dimensionierung	2
3.1	Leistungsbedarf der Verbraucher	2
3.2	Solarleistung bestimmen	3
3.3	Speichergröße bestimmen	3
4	Produkte auswählen	3
4.1	Solarpaneele	4
4.2	Powerstation	4
4.3	Kühlung: Gefriertruhe und Thermostat	4
5	Installation	5
5.1	Wahl des Aufstellungsortes	5
5.2	Montage auf dem Zeltdach	5
6	Erfahrungen	6
6.1	Kühlung	6
6.2	Speicher	6
6.3	Aufbau	6
7	Fazit	6

1 Ausgangslage

Unser Zeltlager findet im Sommer mit rund 100 Personen einschließlich der Betreuerinnen und Betreuer statt, meist auf dem Feld eines Bauern relativ weit außerhalb. Auf dem Platz gibt es weder Strom noch Wasser, und da es keinen Schatten gibt, wird es im Sommer sehr heiß. Zum Kühlen der Lebensmittel haben wir bisher einen Gaskühlschrank eingesetzt, der jedoch klein und in der Anschaffung sehr teuer ist. Handys und Kameraakkus konnten nicht auf dem Platz geladen werden, sondern mussten jedes Mal zum Bauern gebracht werden. Gesucht war deshalb eine Lösung, die vor Ort zuverlässig kühlt und gleichzeitig das Laden der Akkus direkt auf dem Platz ermöglicht.

2 Lösung

Um diese Probleme zu lösen, haben wir uns für eine All-in-one-Solarlösung entschieden: eine Powerstation, die tagsüber über Solarpaneele geladen wird. Sie betreibt einen elektrischen Kühlschrank und dient zugleich als Ladestation für die Akkus. Gegenüber bisher ändert sich damit Folgendes:

Bereich	Bisher	Neu
Kühlen	Gaskühlschrank	elektrischer Kühlschrank
Laden	beim Bauern	direkt an der Powerstation

2.1 Kühlen: Gefriertruhe mit Thermostat

Als elektrischer Kühlschrank dient eine **Gefriertruhe**, die über ein **externes Thermostat** im Kühlbereich gehalten wird. Warum wir uns für eine Truhe entschieden haben, beschreibt Abschnitt 4.3.

Das Thermostat wird zwischen Powerstation und Truhe gesteckt, sein Messfühler liegt im Inneren der Truhe. Steigt die Temperatur über den oberen Sollwert (z. B. 7°C), schaltet es die Truhe ein; ist der untere Sollwert (z. B. 4°C) erreicht, schaltet es sie wieder aus.

2.2 Laden: direkt an der Powerstation

Handys werden über die USB-C-Anschlüsse der Powerstation geladen, Kameraakkus mit ihren Ladegeräten an der 230-V-Steckdose; auch die Soundbox hängt dort. Am sinnvollsten wird tagsüber geladen, wenn die Solarpaneele Strom liefern.

3 Dimensionierung

Bevor wir Produkte ausgewählt haben, haben wir die Anlage dimensioniert. Ausgangspunkt war dabei die Leistung, die unsere Verbraucher benötigen. Daraus haben wir die Leistung der Solarpaneele und die Größe des Speichers abgeleitet.

3.1 Leistungsbedarf der Verbraucher

Zuerst haben wir alle Geräte aufgelistet, die an der Powerstation hängen sollen, und ihre Leistung zusammengerechnet. Bei den Akkus sind wir davon ausgegangen, wie viele Geräte gleichzeitig laden. Die Soundbox ist dabei nicht dauerhaft angeschlossen, sondern nur ihr Akku wird geladen.

Verbraucher	Anzahl	Leistung je Gerät	Leistung gesamt
Gefriertruhe als Kühlschrank	1	100 W	100 W
Handys (über USB-C)	10	20 W	200 W
Kamera-Ladegeräte	2	12 W	24 W
Soundbox-Akku	1	15 W	15 W
Summe $P_{\text{Verbraucher}}$			339 W

3.2 Solarleistung bestimmen

Ein Solarpaneel erreicht seine Nennleistung nur unter Idealbedingungen. Auf dem Platz senken bewölkte Tage (Dunkelflauten), eine nicht optimale Ausrichtung, Hitze an den Paneelen und der begrenzte Wirkungsgrad den Ertrag deutlich. Wir sind deshalb davon ausgegangen, dass die Paneele im Lager nur die **Hälfte ihrer Nennleistung** liefern. Ihre Nennleistung muss also doppelt so groß sein wie die Leistung unserer Verbraucher:

$$P_{\text{PV}} = P_{\text{Verbraucher}} \times 2 = 339 \text{ W} \times 2 = 678 \text{ W}$$

3.3 Speichergröße bestimmen

Der Speicher sollte so groß sein, dass wir **etwa zwei Tage ganz ohne Solarstrom** auskommen, zum Beispiel bei Dauerregen. Dafür haben wir aus der Leistung der Verbraucher abgeschätzt, wie viel Energie sie pro Tag benötigen. Die Truhe läuft nicht ständig, sondern nur, wenn das Thermostat sie einschaltet; wir haben mit etwa sechs Stunden Laufzeit am Tag gerechnet. Bei den Akkus haben wir geschätzt, wie lange am Tag geladen wird.

Verbraucher	Leistung	Stunden/Tag	Wh/Tag
Gefriertruhe als Kühlschrank	100 W	6	600
Handys (über USB-C)	200 W	1	200
Kamera-Ladegeräte	24 W	2	48
Soundbox-Akku	15 W	2	30
Tagesbedarf E_{Tag}			878

Für zwei Tage ohne Sonne muss der Speicher also mindestens das Doppelte fassen:

$$C = E_{\text{Tag}} \times 2 = 878 \text{ Wh} \times 2 = 1756 \text{ Wh}$$

Ergebnis der Dimensionierung: Für unser Lager brauchen wir Solarpaneele mit zusammen mindestens 678 W Nennleistung und einen Speicher mit mindestens 1756 Wh.

4 Produkte auswählen

Wir haben uns für eine **All-in-one-Lösung** entschieden: Eine Powerstation vereint Akku, Laderegler, Wechselrichter und alle Anschlüsse in einem Gehäuse. Das spart Verkabelung, ist schnell auf- und abgebaut und lässt sich zwischen den Lagern einfach lagern.

Bei der Auswahl haben wir die Anlage als **System** betrachtet. Die Solarpaneele bestimmen, wie viel Energie überhaupt ankommt. Deshalb haben wir sie zuerst ausgewählt und die Powerstation anschließend passend zu ihnen.

4.1 Solarpaneele

Faltbare Solarpaneele bieten mehrere Hersteller an, meist mit 200 W oder 400 W je Paneel. Zusammen mussten sie mindestens die 678 W aus Abschnitt 3.2 liefern:

Modell	Leistung je Paneel	Anzahl (Gesamtleistung)
Anker SOLIX PS400 (bifazial)	400 W	2 (800 W)
EcoFlow Solarpanel 400 W	400 W	2 (800 W)
Bluetti PV200	200 W	4 (800 W)
Jackery SolarSaga 200	200 W	4 (800 W)

Aus Platzgründen haben wir uns für einen Aufbau mit möglichst wenig Paneelen entschieden: Zwei Paneele mit je 400 W brauchen weniger Fläche als vier kleinere und kommen mit weniger Kabeln aus. Unter den 400-W-Modellen haben wir uns für die **Anker SOLIX PS400** entschieden, weil sie **bifazial** sind. Sie nutzen also auch das Licht, das auf ihre Rückseite fällt, und holen so laut Hersteller bis zu 10 % mehr Ertrag heraus.

4.2 Powerstation

Mit den Paneelen stand fest, was die Powerstation leisten muss: Ihr Solareingang muss die 800 W der beiden Paneele aufnehmen können, und ihr Speicher muss mindestens die 1 756 Wh aus Abschnitt 3.3 fassen. Gängige Modelle mit rund 2 kWh im Vergleich:

Modell	Kapazität	Solareingang
Anker SOLIX C2000 Gen 2	2 048 Wh	800 W
EcoFlow DELTA 2 Max	2 048 Wh	1 000 W
Bluetti AC200L	2 048 Wh	1 200 W
Jackery Explorer 2000 v2	2 042 Wh	400 W

Die Jackery scheidet aus, weil sie nur 400 W Solarleistung aufnimmt. Die übrigen drei erfüllen beide Bedingungen. Wir haben uns für die **Anker SOLIX C2000 Gen 2** entschieden, weil sie mit den Paneelen ein abgestimmtes System bildet: Ihr Solareingang nimmt genau die 800 W der beiden PS400 auf, und die passenden Kabel liegen den Paneelen bei, sodass keine Adapter nötig sind. Rechnerisch reicht ihr Speicher für etwa 2,3 Tage ohne Solarstrom.

4.3 Kühlung: Gefriertruhe und Thermostat

Für die Kühlung haben wir uns für eine **gebrauchte Gefriertruhe** entschieden, die wir über ein externes Thermostat als Kühlschrank betreiben. Gebrauchte Truhen sind über Kleinanzeigen oder im Bekanntenkreis leicht zu finden und in der Anschaffung deutlich günstiger als ein Gaskühlschrank; nebenbei bekommt so ein ausgedientes Gerät eine zweite Verwendung. Gleichzeitig bietet eine Truhe weit mehr Platz als unser bisheriger Gaskühlschrank, sodass sich die Lebensmittel für rund 100 Personen besser unterbringen lassen.

Auch technisch eignet sich eine Gefriertruhe gut für unseren Zweck. Sie ist für Temperaturen weit unter null ausgelegt und deshalb deutlich besser gedämmt als ein gewöhnlicher Kühlschrank. Als Kühlschrank betrieben muss ihr Kompressor nur selten anspringen, was den Stromverbrauch gering hält und gut zu einer Versorgung mit Solarstrom passt. Ein weiterer Vorteil einer Truhe ist, dass die schwerere kalte Luft beim Öffnen nicht herausfließt, weil sie von oben geöffnet wird.

5 Installation

5.1 Wahl des Aufstellungsortes

Damit die Paneele möglichst viel Strom liefern, sollten sie nach Süden zeigen und im Sommer mit etwa 25° bis 35° geneigt sein. Wichtig ist außerdem, dass sie über den ganzen Tag nicht verschattet werden. Schon der Schatten eines Fahnenmasts, einer Zeltstange oder eines Nachbarzelts senkt den Ertrag deutlich. Bei bifazialen Paneelen lohnt sich zusätzlich ein heller Untergrund, weil dann auch die Rückseite reflektiertes Licht erhält.

Welcher Standort diese Bedingungen erfüllt, ist von Platz zu Platz verschieden. Eine Rolle spielen dabei die Größe des Geländes, die Lage der Spiel- und Tobeflächen, der Sonnenverlauf sowie Wind und Wetter. Auf größeren Plätzen können die Paneele einfach auf ihren Ständern am Boden stehen, abgesperrt und außerhalb der Laufwege.

Unser Zeltplatz war in diesem Jahr jedoch sehr klein, und die Spiel- und Tobefläche sollte nicht durch Paneele am Boden weiter eingeschränkt werden. Gleichzeitig wollten wir die Paneele vor Bällen und spielenden Kindern schützen. Hinzu kam, dass die Technik ohnehin einen Witterungsschutz braucht: Powerstation und Truhe müssen vor Regen und direkter Sonne geschützt stehen, zumal die Powerstation laut Hersteller nur bis 40°C betrieben werden darf. Wir haben deshalb ein eigenes Zelt aufgestellt, unter dem die Technik steht und auf dessen Dach die Paneele montiert sind.

5.2 Montage auf dem Zeltdach

Für die Montage auf dem Zeltdach waren drei Dinge wichtig. Weil die Zeltplane das Gewicht der Paneele nicht allein tragen kann, war eine Unterkonstruktion notwendig. Außerdem mussten die Paneele sicher auf dem Dach befestigt sein, und für die Kabel brauchte es eine geeignete Dachdurchführung.

Die Unterkonstruktion besteht aus zusätzlichen Stangen, die wir unter der Plane am vorhandenen Zeltgestänge befestigt haben (Abbildung 1). Sie verlaufen unter den Rändern der Paneele und bilden so einen stabilen Rahmen. Das Gewicht der Paneele von zusammen rund 20 kg trägt damit das Gestänge und nicht die Plane.

Damit die Paneele nicht vom Dach rutschen, müssen sie ausreichend befestigt sein (Abbildung 2). Die Befestigung muss sie auf der schrägen Dachfläche sicher halten, einem Sturm muss sie aber nicht standhalten. Bei starkem Wind oder Unwetter sollten die Paneele ohnehin abgebaut werden.



Abbildung 1: Unterkonstruktion unter der Plane, von innen gesehen



Abbildung 2: Die beiden Paneele auf dem Zeltdach

Die Kabel der Paneele führen durch eine Dachdurchführung ins Zelt, die Regen abhält und die Plane schont. Bei uns dient dafür ein vorhandenes Dachfenster mit Gaze (Abbildung 3). Von

dort laufen die Kabel am Gestänge entlang zur Powerstation (Abbildung 4).



Abbildung 3: Dachdurchführung für die Kabel



Abbildung 4: Anschluss an die Powerstation

6 Erfahrungen

6.1 Kühlung

Die Kühlung mit der Gefriertruhe hat grundsätzlich sehr gut funktioniert. Im Vergleich zum Gaskühlschrank hatten wir deutlich mehr Platz für die Lebensmittel, und die Temperatur blieb auch an heißen Tagen zuverlässig im Kühlschrankbereich. Gestört hat ein Warnton der Truhe, der sich nicht dauerhaft abstellen ließ. Beim Kauf sollte man deshalb auf eine Truhe ohne Warnton achten. Außerdem verrutschte einmal der Messfühler des Thermostats. Nachdem wir ihn an der Innenwand der Truhe festgeklebt hatten, trat das Problem nicht mehr auf. Ein Nachteil war der weite Weg zwischen Küche und Truhe. Da das Küchenzelt nicht in der Sonne stehen sollte, stand die Truhe im Technikzelt relativ weit von der Küche entfernt.

6.2 Speicher

Der Speicher hat sich bewährt. Rechnerisch hätte er für zwei bis drei Tage ohne Sonne gereicht. Im Lager gab es allerdings nur einen Tag ohne nennenswerten Solarertrag. Diesen hat die Powerstation problemlos überbrückt und wurde danach wieder vollgeladen. Ob der Speicher auch zwei Tage ohne Sonne durchhält, konnten wir deshalb noch nicht testen.

6.3 Aufbau

Der Aufbau auf dem Zeltdach hat seinen Zweck erfüllt. Die Paneele waren geschützt, die Spielfläche blieb frei, und die Technik stand trocken und im Schatten. Allerdings war der Aufbau aufwendig und kompliziert, vor allem wegen der zusätzlichen Unterkonstruktion. Auf einem größeren Platz ist die Aufstellung am Boden deshalb die einfachere Wahl.

7 Fazit

Die Umstellung vom Gaskühlschrank auf eine All-in-one-Solarlösung war ein Erfolg. Mit einer Powerstation mit 2048 Wh und zwei Paneelen mit zusammen 800 W konnten wir die Lebensmittel über das ganze Lager zuverlässig kühlen und gleichzeitig alle Akkus direkt auf dem Platz laden. Der Weg zum Bauern entfiel damit. Wir können diese Lösung anderen Zeltlagern deshalb weiterempfehlen und werden sie auch selbst so weiter einsetzen.

Für die Zukunft ist eine Erweiterung um eine zweite Powerstation denkbar. Sie könnte direkt am Küchenzelt stehen, sodass die Truhe näher an der Küche untergebracht werden kann und die Wege kürzer werden. Gleichzeitig würde sich damit der verfügbare Speicher vergrößern.