



Grün und unabhängig

Stromautarkie im Tiny House

von Manfred Gorgus

Kleines Haus, große Freiheit, viel Unabhängigkeit. So weit die Theorie, aber wie sieht es mit der energetischen Unabhängigkeit aus? Wie viel Versorgung braucht der Mensch im kleinen Haus, damit der Komfort, den eine klassische Wohnung mit Netzversorgung bietet, auch im Tiny Haus garantiert ist – und geht das auch ohne Netzanschluss?

Wer für sein kleines Haus einen Standplatz mit festem Stromanschluss findet, muss sich um Energie eigentlich keine Gedanken machen. Wer aber unabhängiger sein will vom großen Graustromnetz oder wer etwas fürs Klima tun will, muss sich überlegen, wie Strom selbst erzeugt und auch gespeichert werden kann.

Die einfachste und nachhaltigste Art, Strom zu erzeugen, ist die Photovoltaik. Die Module halten sehr lange, und über 20 Jahre gerechnet erzeugt eine moderne Solarstromanlage sauberen Grünstrom für unter 10 Cent pro Kilowattstunde (kWh). Soll der Strom auch noch gespeichert werden, sodass der eigene Photovoltaikstrom auch nach Sonnenuntergang genutzt werden kann, ist ein Stromspeicher erforderlich. Die Technische Hochschule Berlin hat in ihrer Stromspeicherinspektion 2019 über 60 Anbieter auf dem deutschen Markt identifiziert. Bei der Wahl des Speichers gibt es einiges zu beachten.

Das Inselsystem

Bei einem abgeschlossenen Stromnetz wie beim Tiny House handelt es sich im Fachjargon um eine Inselanlage, also um ein in sich geschlossenes System mit Erzeuger, Stromnetz und Verbrauchern. Um die einzelnen Komponenten im Netz richtig auszulegen, wird zuerst der Bedarf ermittelt. Alle Verbraucher im Tiny House werden mit ihrer Leistung in Watt und den Betriebsstunden pro Tag aufgelistet. Dann wird die Summe der Wattleistung mit den Stunden multipliziert, um den Tagesstrombedarf zu berechnen. Das Ganze wird auf ein Jahr gerechnet, also mit 365 Tagen multipliziert und durch 1000 geteilt, um die benötigten Kilowattstunden im

Jahr zu erhalten. Dieser berechnete Verbrauch pro Jahr ist die Grundlage für die gesamte Auslegung aller elektrischen Komponenten im Inselnetzwerk, von der Photovoltaikanlage über Wechselrichter, Stromspeicher bis zu Kabeln und Anschlüssen. Diese Berechnung kann von Hand oder mit kostenlosen Auslegungsprogrammen im Internet durchgeführt werden. Mit dem Suchbegriff „Inselanlage berechnen“ liefern Suchmaschinen eine Reihe von Ergebnissen, die eine Auslegung in unterschiedlichen Komfortstufen anbieten. Empfehlenswert ist das Programm „Auslegung und Berechnung einer Inselanlage“, weil es nicht nur den Verbrauch, sondern auch noch Leitungs- und Systemverluste sowie die Sonneneinstrahlung am Standort liefert.

100 % autark im Kleinstgebäude?

Das wäre doch was: sechs blaue Photovoltaikmodule aufs Tiny House montiert und fertig ist die 100-prozentige Stromautarkie. Funktioniert leider nicht, zumindest nicht in Deutschland. Zu unterschiedlich ist die Sonneneinstrahlung übers Jahr. Wer mit einem Sonnenstromgenerator auf der nördlichen Erdhalbkugel zu 100 % stromautark sein will, braucht viel Photovoltaik, denn das System muss so ausgelegt werden, dass es im Dezember, im Monat mit der geringsten Sonneneinstrahlung, genug Energie liefert, um das Gebäude zu versorgen. Südlich von München liefert die Dezembersonne rund 1,35 kWh pro Quadratmeter. Um einen Verbrauch von 1,6 kWh pro Tag abzudecken, sind sechs 280-Watt-Module notwendig. Im Juli liefert die Sonne 5,16 kWh pro Quadratmeter und es reichen gut drei Module für den Tagesbedarf. Dabei wird der tatsächliche Verbrauch im Juli wahrscheinlich niedriger sein, allein schon, weil es viel länger hell ist.

Photovoltaik

Photovoltaikmodule gibt es mit poly- oder monokristallinen Zellen als sogenannte „Full-Black“-Ausführung oder als klassische blaue Platten mit den silbernen Leiterbahnen und weißer Rückfolie. Welches Modell es sein soll, ist abhängig vom persönlichen Geschmack und Budget. Die Leistung der Module liegt heute bei 280 bis 300 Watt peak. Hochleistungsmodule liefern bis 400 Watt bei Standardmaßen von 1 × 1,60 m. Angegeben wird immer die maximale Leistung, deshalb das Wörtchen „peak“, also Spitze. >>

Strom speichern

Die Sonne scheint nicht alle Tage mit gleicher Kraft und in der Nacht gar nicht. Wer nach Sonnenuntergang elektrischen Photovoltaikstrom nutzen will, muss die Sonnenenergie am Tag ernten und für die Nacht einlagern. Welcher Speicher ist nun für ein Tiny House geeignet? Lithium-Ionen-Akkus bieten die modernste Akkutechnik, sind relativ leicht und haben eine hohe Energiedichte. Nachteile dieser Akkutechnik sind ihre Sensibilität gegenüber hohen und niedrigen Temperaturen, was im freistehenden Tiny House im Winter und im Hochsommer zum Problem werden kann, sowie das Brand- und Explosionsrisiko. Sicher und gegenüber Temperaturschwankungen unempfindlich ist die Blei-Akkutechnologie. Blei-Akkus haben zwar eine niedrigere Energiedichte als Lithium-Ionen-Akkus und sind daher schwerer, sie arbeiten aber sowohl bei Minustemperaturen als auch bei plus 50 °C zuverlässig. Entscheiden sich Besitzer von Minihäusern für die Blei-Kristall-Akkutechnologie sind die Batterien nicht nur auslaufsicher, sie explodieren und brennen nicht und liefern sogar nach Durchdringung mit einem Nagel noch Strom.

Welche Spannung?

Wer im Tiny House 230-Volt-Haushaltsgeräte wie Waschmaschine, Wasserkocher, Föhn usw. nutzen will, braucht einen Wechselrichter, weil Photovoltaikanlage und Stromspeicher Gleichstrom liefern. Der Wechselrichter formt daraus einen wellenförmigen Wechselstrom. Batteriespeicher

werden als Niedervoltsysteme mit 48 Volt Akkuspannung oder als Hochvoltsysteme mit 200 Volt angeboten. Alle Systeme haben Vor- und Nachteile. Wer mit Strom nicht ganz vertraut ist, sollte sich fachkundige Hilfe holen. Gleichermaßen gilt für die Systemauslegung, das Stromnetz im Tiny House. Es kann durchaus Sinn machen, ein 12-Volt-Gleichstrometz neben dem 230-Volt-Stromnetz zu betreiben. Auch bei der Anlagenauslegung, der Batterie und dem Energiemanagement gibt es Modelle, die viel und andere, die wenig können. Es gibt effiziente und weniger effiziente Systeme. Die von der HTW Berlin in der Speicherinspektion geprüften Stromspeicher liegen alle innerhalb der Toleranz. Wichtig ist, dass Komponenten gewählt werden, die zueinander passen.

Energiemanagement im Insel-Stromnetz
 Eine Herausforderung ist das Energie- und Verbrauchermanagement. Wer Waschmaschine, Wasserkocher und Haartrockner gleichzeitig betreiben möchte, braucht viel Leistung. Wasserkocher und Haartrockner ziehen schnell 4000 Watt. Damit sind kleine Stromspeicher schon überfordert. Kommen noch weitere Verbraucher hinzu oder eine Grundlast, wie Beleuchtung, Kühlschrank, Umwälzpumpe für die Heizung, geht nichts mehr im Inselsystem. Deshalb ist es für die Auslegung des Stromspeichers und des Stromerzeugers wichtig, welche elektrischen Verbraucher wann arbeiten sollen. Speicher mit größerer Kapazität bieten mehr Entladeleistung, sind aber auch schwer, was im mobilen Tiny House der 3,5-Tonnen-Klasse schnell zur Herausforderung wird.

Gerät	Watt	typische Betriebszeit pro Tag	Energieverbrauch pro Tag in Wh
Wasserkocher	2400	10 Minuten	400
Waschmaschine	2000	2 Stunden	4000
Mixer	1680	5 Minuten	140
Haartrockner	1200	10 Minuten	200
Kaffeemaschine	1080	10 Minuten	180
Dörrgerät	500	8 Stunden	4000
Kühlschrank	150	24 Stunden	3600
Entsafter	150	30 Minuten	75
LED-Lampen	100	8 Stunden	800
Laptop	60	2 Stunden	120
Smartphone	10	2 Stunden	20
Router	10	24 Stunden	240

Quelle: Gorgus

Typische Stromverbraucher in einem Haushalt: Über einen Tag kommen etliche Wattstunden zusammen.

Ein weiterer Punkt bei Stromspeichern ist die Ladeleistung. Je höher sie ist, desto schneller kann der Stromspeicher beladen werden. Das bedeutet, dass an Tagen mit wenig Sonnenstunden der Stromspeicher trotzdem voll geladen werden kann. Gerade wer nach maximaler Stromautarkie strebt, sollte deshalb auf eine hohe Ladeleistung seines Speichers achten. Auch hier unterscheiden sich die einzelnen Geräte deutlich.

Noch ein Wort zur Kapazität von Stromspeichern: Diese wird gerne als Brutto-Kapazität angegeben. Das hört sich gut an, weil der Wert hoch ist, und bedeutet, dass die Kilowattstundenzahl inklusive der nicht zu nutzenden Reserve der Akkus angegeben wird. Bei einer Bleibatterie sind das rund 40 %, bei einer Lithium-Ionen-Batterie rund 20 %. Für Betreiber ist aber die Nettokapazität der entscheidende Wert, denn dieser zeigt an, wie viel Strom tatsächlich genutzt werden kann. Bei 10 kWh brutto stehen bei einem Bleispeicher tatsächlich 6 kWh und bei einem 10-kWh-Lithium-Ionen-Speicher rund 8 kWh netto zur Verfügung. Beim Bleispeicher sollte auf den Akku-Typ geachtet werden. Hier gibt es Typen, die tief entladen werden können.

Maße und Gewichte

Für eine Kilowattstunde Blei-Akkukapazität fallen rund 20 kg Gewicht an, bei der Lithium-Ionen-Akkutechnologie sind es 7 kg pro kWh. Dazu kommen Wechselrichter, Lade-

regler, Energiemanagement mit 2,5-4 kg pro kWh. Die Photovoltaikanlage schlägt inklusive Unterkonstruktion mit rund 65-80 kg pro kWh zu Buche. Ein kleines Solarsystem mit 2 kWh Peak-Leistung und einem 2-kWh-Stromspeicher belastet das Gewichtsbudget eines Tiny Houses mit rund 200 kg. Der Strom einer solchen Anlage reicht für Licht, Handy, Laptop und einen Teil des Grundbedarfs. Elektrisch kochen oder heizen ist damit nicht möglich, dazu sind mehr Leistung und Kapazität notwendig.

Zu guter Letzt

Alle im Artikel genannten Werte sind Durchschnittswerte, die ein Gefühl für das Thema Stromautarkie im Tiny House vermitteln sollen. Entscheidend für maximale Stromautarkie sind der persönliche Bedarf und der Standort. Wer im Kleinstgebäude mit Standort Hannover 30 Minuten am Tag Haare föhnt und täglich elektrisch kocht, braucht für 100 % Autarkie viel Photovoltaikleistung und Speicherkapazität. In Marokko sieht das ganz anders aus, weil die Sonne öfter und intensiver am Himmel scheint. Aber auch eine Teilautarkie ist ein gutes Gefühl und hilft dem Klima, denn auch Netzzstrom kann grün sein und von zertifizierten Anbietern wie Naturstrom, Polarstern oder den Energiewerken Schönau bezogen werden. Dazu kommt, dass Photovoltaikanlagen nachhaltige Technik sind, die 30 Jahre und länger ihren Dienst tun. Danach können sie zu 95 % recycelt werden. Bei Blei-Akkus liegt die Recyclingrate übrigens bei satten 98 %. Wer Autarkie anstrebt oder sie braucht, weil am Standort des Tiny House kein Stromanschluss vorhanden ist, sollte darauf achten, dass sein Speichersystem jederzeit erweitert werden kann und die Einbindung von anderen Energiezeugern wie Dieselpgenerator, Kleinwindanlage oder Brennstoffzelle möglich ist. Alternativ planen und realisieren Elektro- und Solarinstallationsunternehmen individuelle Inselanlagen mit Photovoltaik-Stromspeicherlösungen, die den Vorteil haben, dass sie auf den persönlichen Bedarf der Betreiber passgenau zugeschnitten sind.

AUSLEGUNG INSELANLAGEN

Ausführliches Programm mit vielen Parametern:

www.esomatic.de/inselanlage

Einfaches Berechnungswerkzeug für den schnellen Überblick:

www.pro-umwelt.de/html/solarberechnung_insel

Für einen ersten Check:

www.thonhofer.com/photovoltaik/bedarfsrechner

STROMSPEICHERINSPEKTION HTW BERLIN

<https://pvspeicher.htw-berlin.de/>

speicher-inspektion-2019

VIDEOS ZU PHOTOVOLTAIK UND SPEICHERAUSLEGUNG

Wer in YouTube nach „tiny house photovoltaik“ sucht, findet eine Reihe Videos zum Thema in englischer und deutscher Sprache. Mit dem Suchbegriff „Off-Grid Solar“ wird man ebenfalls fündig.



MANFRED GORGUS hat in Deutschland Elektrotechnik studiert, in Großbritannien eine Ausbildung zum Fotojournalisten absolviert und jahrelang für Tageszeitungen und Magazine gearbeitet.

Seit 2008 beschäftigt er sich mit erneuerbaren Energien, seit 2014 unterstützt er Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien, Umwelt- und Klimaschutz mit Kommunikation und Marketing. www.solar-professionell.de