

TESVOLT SPEICHER KALKULATOR

Einsatzzweck

Wofür ist der TESVOLT Speicher Kalkulator geeignet?

Der TESVOLT Speicher Kalkulator unterstützt Gewerbetreibende vom Kleingewerbe bis zum Industrieunternehmen bei der Auswahl eines passenden Speichersystems. Durch Eingabe des jährlichen Stromverbrauchs und der Nennleistung der Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) wird eine passende Speicherkapazität und Speicherleistung empfohlen. Der TESVOLT Speicher Kalkulator wurde vorrangig zur Abschätzung des mit dem PV-Speichersystem erreichbaren Eigenverbrauchsanteils und Autarkiegrads entwickelt. Darüber hinaus gibt der TESVOLT Speicher Kalkulator Auskunft darüber, wie hoch die Stromeinspeisung in das Netz und der resultierende Strombezug aus dem Netz ausfallen kann. Zusätzlich lässt sich mit dem TESVOLT Speicher Kalkulator abschätzen, welchen Beitrag das jeweilige PV-Speichersystem zur Verringerung der CO₂-Emissionen des deutschen Kraftwerksparks leistet.

Was kann der TESVOLT Speicher Kalkulator nicht leisten?

Der TESVOLT Speicher Kalkulator basiert auf Simulationsberechnungen der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin, die auf Basis von verschiedenen Lastprofilen durchgeführt wurden. Je nach Gebäude kann das individuelle Lastprofil von den in der Simulation verwendeten Lastprofilen abweichen. Daher ist der TESVOLT Speicher Kalkulator nur zur Grobauslegung der Speichersysteme geeignet. Er ersetzt keine professionelle Anlagenplanung und Systemdimensionierung, die neben dem individuellen Stromverbrauchsprofil auch den Neigungswinkel und die Ausrichtung der PV-Anlage berücksichtigt.

Berechnungsgrundlagen

Welche Lastprofile für Wohngebäude liegen dem TESVOLT Speicher Kalkulator zugrunde?

Das elektrische Lastprofil zur Abbildung des Stromverbrauchs wurde der Richtlinie VDI 4655 entnommen, die Referenzlastprofile von Wohngebäuden für Strom, Heizung und Trinkwarmwasser enthält [1]. Das Lastprofil wurde basierend auf den in der Richtlinie für Bestandsgebäude hinterlegten Tageslastprofilen erstellt und auf einen Strombedarf zwischen 3500 kWh/a und 10 000 kWh/a skaliert.

Die Leistungsaufnahme des Elektroautos wurde in einem Gebäude mit einer Wandladestation im Jahr 2017 ermittelt. Das Elektroauto wurde überwiegend mit einer Leistung von etwa 3,5 kW geladen. Das Pendlerfahrzeug hat einen täglichen Strombedarf von durchschnittlich 5,3 kWh/d sowie einen Jahresstrombedarf von 1918 kWh/a. Unter der Annahme eines Strombedarfs von 19 kWh pro 100 km kann die jährliche Fahrleistung des Elektroautos mit 10 000 km/a abgeschätzt werden. Für die weiteren Varianten mit jährlichen Fahrleistungen zwischen 2000 km/a und 20 000 km/a wurde die Leistungsaufnahme der Wandladestation linear skaliert.

Das Stromverbrauchsprofil der Wärmepumpe wurde aus Messdaten der Leistungsaufnahme einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ermittelt [2]. Der Stromverbrauch der Wärmepumpe beträgt 2664 kWh/a. Zur Abbildung der unterschiedlich hohen Stromverbräuche wurde das Lastprofil der Wärmepumpe entsprechend skaliert, sodass Verbräuche in Höhe von 2000 kWh/a, 4000 kWh/a und 6000 kWh/a resultieren. Ist weder eine Wärmepumpe noch ein Elektroauto vorhanden, muss im TESVOLT Speicher Kalkulator die Fahrleistung des Elektroautos mit 0 km/a sowie der Stromverbrauch der Wärmepumpe mit 0 kWh/a angegeben werden.

Welche gewerblichen Lastprofile liegen dem TESVOLT Speicher Kalkulator zugrunde?

Zur Auswahl repräsentativer Lastprofile für unterschiedliche Gewerbebetriebe wurden zahlreiche elektrische Lastprofile von Lebensmittelmärkten, Möbelhäusern, Werkstätten, Produktionsbetrieben, Speditionen, Sägewerken, Milchviehbetrieben und anderen gewerblich genutzten Gebäuden analysiert. Dabei konnte für viele Gewerbetypen nachgewiesen werden, dass ein für die jeweilige Gewerbekategorie typisches Lastprofil das Verbrauchsverhalten einer Vielzahl von unterschiedlichen Objekten der gleichen Kategorie sehr gut abbilden kann.

Dem TESVOLT Speicher Kalkulator liegen insgesamt 7 unterschiedliche Gewerbetypen zugrunde. Bild 1 zeigt die Unterschiede im tageszeitlichen Verlauf des Stromverbrauchs je nach Gewerbetyp. Mit Ausnahme von Bäckereien und Milchviehbetrieben haben Gewerbebetriebe tagsüber in der Regel einen höheren Stromverbrauch als in den Morgen- und Abendstunden.

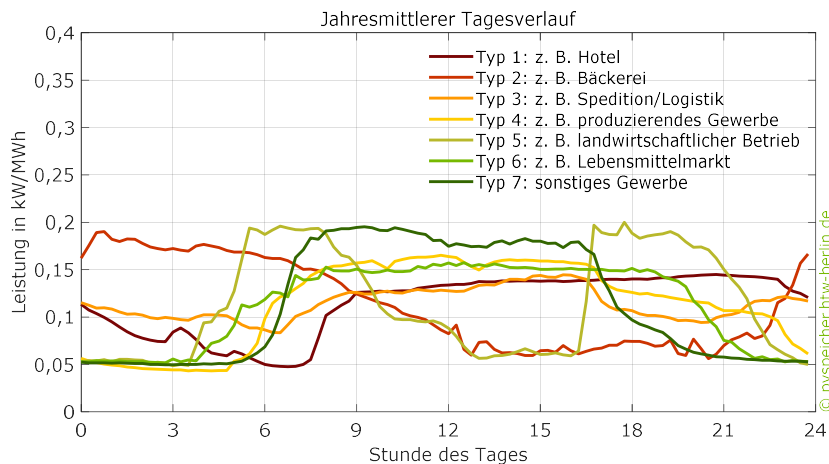


Bild 1 Jahresmittlerer Tagesverlauf von charakteristischen Gewerbelastprofilen (Normierung der elektrischen Last auf den Jahresstromverbrauch in MWh (1000 kWh)).

Neben dem Gewerbetyp kann im TESVOLT Speicher Kalkulator auch die Anzahl der ggf. vorhandenen Elektroautoladesäulen angegeben werden. Für jede der 20 Ladesäulen wurde ein unterschiedliches Elektroauto-Ladeprofil hinterlegt. Die Profile wurden in 20 unterschiedlichen Objekten ermittelt und die Ladeleistung liegt je nach Ladesäule zwischen 3,7 kW und 22 kW. Im Mittel beträgt die Energiebedarf pro Ladesäule ca. 2600 kWh/a.

Wie wurde die Leistungsabgabe der PV-Anlage ermittelt?

Die Leistungsabgabe der PV-Anlage wurde auf Basis von Messwerten des meteorologischen Observatoriums Lindenberg (Brandenburg) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aus dem Jahr 2017 simuliert. Die Globalbestrahlung lag in dem Jahr bei 1062 kWh/(m²·a).

Das PV-System setzt sich aus einem PV-Wechselrichter und einem PV-Generator zusammen. Der PV-Generator ist um 25° geneigt und südlich ausgerichtet. Auf Grundlage der Wetterdaten wurde über geometrische Zusammenhänge sowie mit dem Modell nach Klucher [3] die Bestrahlungsstärke auf der geneigten Ebene des PV-Generators ermittelt. Die Modellierung der Abhängigkeit des PV-Modulwirkungsgrads von der Bestrahlungsstärke und von der Modultemperatur erfolgte auf Basis eines empirischen Modells nach Beyer et al. [4]. Zusätzliche Verluste wurden pauschal durch einen konstanten Verlustfaktor von 0,88 abgebildet. Das ermittelte Erzeugungsprofil des PV-Generators wurde auf die jeweilige Nennleistung skaliert.

Die Umwandlungseffizienz des PV-Wechselrichters wurde durch die Wirkungsgradkennlinie des SMA Sunny Tripower 10.0 abgebildet. Die Nennleistung des PV-Wechselrichters ist an die Größe des PV-Generators gekoppelt und beträgt 1 kW/kWp. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Eingangsdaten und getroffenen Annahmen ergibt sich ein AC-Jahresertrag des PV-Systems von 1000 kWh/(kWp·a).

Wie wurden die vermiedenen CO₂-Emissionen ermittelt, die sich durch den Einsatz der PV-Anlagen und Speichersysteme ergeben?

Um das CO₂-Einsparpotenzial von PV-Speichersystemen in Deutschland zu ermitteln, wird meist die Einsatzreihenfolge des deutschen Kraftwerksparks zur Deckung des Stromverbrauchs berücksichtigt. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich der Einsatz eines PV-Speichersystems auf die Stromproduktion des Grenzkraftwerks auswirkt und dessen CO₂-Emissionen verringert [5]. Zur Ermittlung der vermiedenen CO₂-Emissionen wurde daher ein Datensatz mit sogenannten marginalen CO₂-Emissionsfaktoren für Deutschland von electricitymap.org verwendet. Im Mittel lag der CO₂-Emissionsfaktor des marginalen Kraftwerks im Jahr 2017 bei 477 g/kWh. Im Jahresverlauf hat der marginale CO₂-Emissionsfaktor Werte zwischen 319 g/kWh und 586 g/kWh angenommen. Um die vermiedenen CO₂-Emissionen zu ermitteln, wurden die durch den Strombezug aus dem Netz verursachten CO₂-Emissionen mit den durch die Netzeinspeisung der PV-Anlage vermiedenen CO₂-Emissionen bilanziert.

Produktempfehlungen

Wie ermittelt der TESVOLT Speicher Kalkulator die Produktempfehlungen für Wohngebäude?

Bei der Auslegung von Speichersystemen in Verbindung mit PV-Anlagen sind verschiedene Einschränkungen zu beachten. Zum einen müssen tagsüber ausreichend Solarstromüberschüsse anfallen, damit Solarstrom im Batteriesystem gespeichert werden kann. Zum anderen sollte die Speicherkapazität nicht deutlich größer als der durchschnittliche Stromverbrauch in der Nacht im Sommerhalbjahr sein [6]. Übersteigt die Speicherkapazität diesen Wert, lassen sich der Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad durch eine weitere Vergrößerung der Speicherkapazität nur noch geringfügig erhöhen.

Der Algorithmus zur Ermittlung der Produktempfehlungen berücksichtigt folgende Auslegungsempfehlungen:

- Der Einsatz eines Speichersystems in Wohngebäuden empfiehlt sich nur, wenn das Verhältnis von PV-Leistung zu Stromverbrauch mindestens 0,5 kWp pro 1000 kWh/a beträgt. Bei einem Stromverbrauch von 10 000 kWh/a ist also mindestens eine 5-kWp-PV-Anlage erforderlich, damit das Speichersystem ausreichend Solarstromüberschüsse speichern kann.
- Des Weiteren sollte die nutzbare Speicherkapazität des Batteriesystems 1 kWh pro 1 kWp PV-Leistung nicht überschreiten. Hat die PV-Anlage eine Nennleistung von 10 kWp, ist ein Batteriespeicher mit einer nutzbaren Speicherkapazität unter 10 kWh zu wählen.
- Ergänzend dazu darf die nutzbare Speicherkapazität des Batteriespeichers 1,5 kWh pro 1000 kWh/a Stromverbrauch nicht überschreiten. Bei einem Stromverbrauch von 5000 kWh/a sollte die nutzbare Speicherkapazität demnach unterhalb von 7,5 kWh liegen.

Die vom TESVOLT Speicher Kalkulator ausgegebene Produktempfehlung hält die drei zuvor genannten Auslegungsempfehlungen ein. Durch die vorgegebene Größe der einzelnen Batteriemodule lässt sich die Speicherkapazität des Speichersystems nicht immer exakt auf die empfohlene Speicherkapazität anpassen. Die zusätzlich vom TESVOLT Speicher Kalkulator angegebene weitere Produktempfehlung entspricht daher der nächst größeren Speicherkapazität, die angeboten wird.

Wie ermittelt der TESVOLT Speicher Kalkulator die Produktempfehlungen für Gewerbebetriebe?

Bei der Auslegung von PV-Speichersystemen in Gewerbebetrieben sind die zuvor genannten Einschränkungen ebenfalls zu beachten. Da sich die Stromverbrauchsprofile von gewerblich genutzten Gebäuden stark von Wohngebäudeprofilen unterscheiden, gelten für die Auslegungsempfehlungen andere Grenzwerte. Der Einsatz von Speichersystemen zur Steigerung der solaren Eigenstromversorgung von Gewerbebetrieben ist sinnvoll, wenn je nach Gewerbetyp eine PV-Leistung von mindestens 0,4 kWp bis 0,6 kWp pro 1000 kWh/a Stromverbrauch vorhanden ist. Ausschlaggebend ist dabei u. a. die Verteilung des Stromverbrauchs im Tagesverlauf (vgl. Bild 1). Des Weiteren sollte die nutzbare Speicherkapazität des Batteriesystems je nach Gewerbetyp 0,5 kWh bis 1,25 kWh pro 1 kWp PV-Leistung nicht überschreiten. Zusätzlich wurde die nutzbare Speicherkapazität auf 0,75 kWh bis 1,25 kWh pro 1000 kWh/a Stromverbrauch limitiert. Für die unterschiedlichen Gewerbetypen resultieren daher bei gleichem Stromverbrauch unterschiedliche Produktempfehlungen.

Berechnungsergebnisse

Was sagen die Bewertungsgrößen Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad aus?

Der Eigenverbrauchsanteil beschreibt den Anteil an der erzeugten PV-Energie, der entweder zeitgleich durch die Stromverbraucher oder zur Ladung des Batteriespeichers genutzt wird. Je größer der Eigenverbrauchsanteil ist, desto weniger überschüssige PV-Energie wird in das Netz eingespeist. Der Autarkiegrad gibt den Anteil des Stromverbrauchs an, der zeitgleich durch die PV-Anlage oder durch die Entladung des Batteriespeichers gedeckt wird. Je größer der Autarkiegrad ist, desto weniger Energie muss aus dem Stromnetz bezogen werden.

Wieso sinkt der Eigenverbrauchsanteil mit zunehmender PV-Leistung?

Je größer die PV-Anlage ist, desto höher ist die Solarstromerzeugung insbesondere zur Mittagszeit. Da die erzeugte PV-Energie tagsüber nicht vollständig direkt verbraucht oder zur Ladung des Batteriesystems genutzt werden kann, fallen mit zunehmender PV-Leistung höhere Solarstromüberschüsse an.

Wieso steigen die vermiedenen CO₂-Emissionen durch den Einsatz von größeren Batteriesystemen nur wenig oder gar nicht an?

Bei einer Vergrößerung der Speicherkapazität sinken zwar der Strombezug aus dem Netz und somit die damit verbunden CO₂-Emissionen. Gleichzeitig nimmt der größere Batteriespeicher tagsüber mehr PV-Energie auf, weshalb weniger Energie in das Stromnetz eingespeist wird. Dies verringert die durch die Stromnetzeinspeisung erzielten CO₂-Einsparungen. In der Bilanz hat die Größe des Batteriespeichers häufig nur einen geringen Einfluss auf die Höhe der vermiedenen CO₂-Emissionen, die sich durch Einsatz der PV-Speichersysteme ergeben.

Förderung durch die Dobeneck-Technologie-Stiftung

Des TESVOLT Speicher Kalkulator wurde von der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme der HTW Berlin in Kooperation mit der TESVOLT GmbH im Vorhaben „Digitale Werkzeuge für solarstrombasierte Energieversorgungskonzepte (PVplusX)“ entwickelt. Das Vorhaben wird durch die Dobeneck-Technologie-Stiftung gefördert.

Literaturverweise

- [1] Verein Deutscher Ingenieure e.V., „VDI 4655 Blatt 1: Referenzlastprofile von Wohngebäuden für Strom, Heizung und Trinkwarmwasser sowie Referenzerzeugungsprofile für Fotovoltaikanlagen“, Düsseldorf, 2019.
- [2] SMA Solar Technology AG, „Leistungsmessdaten von Wärmepumpen und Wandladestationen in Privathaushalten“. 2017.
- [3] T. M. Klucher, „Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces“, *Sol. Energy*, Bd. 23, S. 111–114, Jan. 1979, doi: 10.1016/0038-092X(79)90110-5.
- [4] H. G. Beyer, G. Heilscher, und S. Bofinger, „Identification of a General Model for the MPP Performance of PV-Modules for the Application in a Procedure for the Performance Check of Grid Connected Systems“, in *19th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Paris, 2004, S. 3073–3076.
- [5] N. Böhme, „Erzielbare CO₂-Einsparungen durch Photovoltaik-Batteriespeichersysteme“, Bachelorarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin, 2019.
- [6] J. Weniger, J. Bergner, T. Tjaden, und V. Quaschnig, *Dezentrale Solarstromspeicher für die Energiewende*, 1. Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag, 2015.