

Beschreibung des EWS Batteriespeichertools

Dr. Sebastian Albert-Seifried

Dipl.-Ing., Dipl.-Volkswirt Dieter Seifried

Freiburg, März 2018

1	Einleitung	3
2	Bedienungsanleitung im Tool	3
2.1	Hinweis zu den Eingabefeldern	3
2.2	Allgemeines	4
2.3	Grunddaten	5
2.4	Eingabemaske für Solaranlage und Batteriespeicher	6
2.5	Szenarien-Wahl	8
2.6	Elektroauto	8
2.7	Darstellung der Ergebnisse	9
2.8	Wirtschaftlichkeitsberechnung	11
2.9	CO ₂ -Emissionen	12
2.10	Druckansicht	13
3	Haftungsausschluss	13
4.	Copyright	13
5.	Quellenangabe	14

1 Einleitung

Über 50 Prozent der Haushalte, die im Jahr 2016 eine neue PV-Anlage installiert haben, investierten gleichzeitig in einen Batteriespeicher. Mit dem Auslaufen der gesetzlichen Einspeisevergütung ab dem Jahr 2020 für PV-Bestandsanlagen können Batteriespeicher auch für Altanlagen wirtschaftlich interessant werden. Auch der zu erwartende Anstieg der Elektromobilität wird Einfluss auf Investitionen in PV-Anlagen bzw. in PV-Anlagen mit integriertem Batteriespeicher haben.

Das vorliegende Modul ermöglicht es die wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen von Investitionsoptionen miteinander zu vergleichen.

Dieses Beratungstool Batteriespeicher wurde von Büro Ö-quadrat GmbH entwickelt. Als Grundlage für dieses Excel-Tool diente der Stromspar-Speicherrechner der in Kooperation zwischen Öko-Institut e.V. und Büro Ö-quadrat entwickelt und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde. Die hier vorliegende, inhaltlich weiterentwickelte Version, die die Elektromobilität, eine CO₂-Emissionsbilanz sowie weitere Aspekte mit einbezieht, wurde von den Elektrizitätswerken Schönau bei Büro Ö-quadrat in Auftrag gegeben.

Die hier folgende Bedienungsanleitung für das Batteriespeichertool der EWS ist ebenfalls auf der ersten Seite des Tools zu finden. Die Anleitung soll dem Anwender einerseits einen Überblick über Aufbau und Arbeitsweise des Tools geben und ihn andererseits über einige, nicht selbsterklärende, Notwendigkeiten bei der Eingabe von Daten informieren. Um Fehlbedienungen und Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollten die Anwender des Tools die kurze Bedienungsanleitung vor der ersten Nutzung zur Kenntnis nehmen.

2 Bedienungsanleitung im Tool

2.1 Hinweis zu den Eingabefeldern

Das Tool unterscheidet zwischen einfachen Eingabefeldern, Eingabefeldern mit Auswahloption, optionale Eingabefelder und Ausgabefeldern.

Feld	Feldfunktion
<input type="text"/>	Eingabefeld für Text und Zahlen
<input type="list"/>	Eingabefeld mit Auswahloptionen
<input style="background-color: #cccccc;" type="text"/>	optionale Eingabefelder
123	Ausgabefelder

Eingabefelder für Text und Zahlen

In den grau umrandeten Feldern werden vom Benutzer Eingaben erwartet. Hier muss in der Regel eine Zahl eingetragen werden.

Eingabefelder mit Auswahloption

Die blau umrandeten Felder sind Auswahlfelder. Beim Klicken auf das Feld wird ein Auswahlménü angezeigt, aus dem der Eingabewert gewählt werden kann.

Optionale Eingabefelder

Optionale Eingabefelder sind durch einen schraffierten Hintergrund gekennzeichnet. Wird hier kein Wert eingegeben, so wird der vordefinierte Wert verwendet, der i.d.R. nebendran angezeigt wird.

Ein Beispiel hierfür sind die EEG-Einspeisevergütungen für PV-Anlagen. Anhand des eingegebenen Installationszeitpunktes wird die Einspeisevergütung ermittelt und angezeigt. Falls die tatsächliche Einspeisevergütung hiervon abweichen, beispielsweise weil die Anlage nicht auf dem Dach installiert wurde oder weil zusätzliche Förderungen hinzukommen, so können in den optionalen Eingabefeldern die neuen Werte eingetragen werden.

Ausgabefelder

Nicht umrandete Felder sind Ausgabefelder. Dieser Felder sind schreibgeschützt und können nicht überschrieben werden.

2.2 Allgemeines

Das Beratungstool, das für die EWS entwickelt wurde, ermöglicht die Darstellung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen einer Investition in Batteriespeicher, Stromeinsparung und in Elektromobilität in Verbindung mit einer PV-Anlage. Das Tool ist in der Lage, mehrere Investitionsoptionen miteinander zu vergleichen. Die Optionen können im Tabellenblatt „Szenarienwahl“ zusammengestellt werden.

Im Rahmen des Tools sind die Rahmenbedingungen für PV-Anlagen entsprechend ihres Investitionszeitpunktes zwischen 1998 und 2021 abgebildet. Die Kapazität der PV-Anlage ist auf 10 kWpeak, die Kapazität der Batteriespeicher auf 10 kWh begrenzt.

Darüber hinaus zeigt das Modul im Tabellenblatt „Grunddaten“ auch die Effizienzklasse des Haushalts nach dem Stromeffizienzklassen-Konzept an und gibt dem Haushalt Impulse, durch Stromsparmaßnahmen eine bessere Effizienzklasse zu erreichen. Ebenfalls können in dem Tool die Auswirkungen von zusätzlichen Einsparmaßnahmen auf die Gesamtkosten der Stromversorgung im Vergleich zur Ausgangssituation ermittelt werden.

Das Beratungstool ermöglicht auch den Einbezug von Elektrofahrzeugen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines mit PV-Strom und gegebenenfalls auch mit Batteriespeicher ausgestatteten Haushalts.

Das Beratungstool Batteriespeicher basiert auf einer stundengenauen Simulation der Solarerzeugung über das Jahr hinweg, einer typischen Lastkurve des Stromverbrauchs eines Haushalts und der daraus abgeleiteten Be- und Entladungen des Batteriespeichers. Anhand von typischen, im Programm hinterlegten Verbrauchskurven für die Haushalte und Erzeugungskurven für die PV-Anlage, werden für jede Stunde des Jahres der Eigenverbrauch, die Stromeinspeicherung, der Stromverbrauch aus dem Batteriespeicher sowie der Strombezug simuliert. Die aggregierten Werte werden im späteren Verlauf für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Investition in Batteriespeicher oder einer Investition in Batteriespeicher in Verbindung mit Einsparmaßnahmen verwendet.

Für die Einbeziehung eines E-Fahrzeugs kann der Nutzer des Tools die spezifischen Fahrzeugdaten eines E-Fahrzeugs sowie Ladeleistung und den Beginn des Ladezeitraums eingeben. Auf der Basis der veränderten Stromnachfrage ermittelt das Tool die veränderte Einspeisequote, die Änderungen in Bezug auf den Autarkiegrad sowie die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Gesamtinvestition und die Umweltwirkungen in Bezug auf die CO₂-Emissionen.

2.3 Grunddaten

Im Tabellenblatt „Grunddaten“ trägt der Benutzer seine Verbrauchsdaten (Jahresstromverbrauch, Anzahl Personen im Haushalt, Gebäudetyp und die Art der Warmwasserbereitung) ein. Daraufhin wird ihm zunächst nach dem Stromeffizienzklassenmodell angezeigt in welcher Effizienzklasse er sich befindet.

In der Stromeffizienzklassen-Tabelle bekommt der Nutzer seine Position im Effizienztableau angezeigt. Die Position wird dabei in Abhängigkeit seiner Wohnsituation (Wohnung im Mehrfamilienhaus oder in einem Einfamilienhaus, Reihenhaus oder in eine Doppelhaushälfte), der Art der Warmwasserbereitung sowie der Anzahl der Personen im Haushalt dargestellt.

Im unteren Teil des Tabellenblatts wird angezeigt wieviel Stromeinsparung notwendig ist, um in eine höhere Effizienzklasse zu gelangen und welche Investitionskosten für die Einspartechnologien voraussichtlich anfallen.

Um die mögliche Stromeinsparung in die spätere Kalkulation einzubeziehen, bietet das Programm zwei Pfade an, von denen einer ausgewählt werden muss.

a) Wurde das Einsparpotential anhand einer Energieberatung ermittelt? In diesem Fall können hier die Ergebnisse der Stromsparberatung übertragen werden. Dabei wird zwischen Einsparungen durch gering-investive Maßnahmen und investiven Maßnahmen unterschieden.

b) Anhand des Effizienzklassenmodells legt der Haushalt fest, welche Effizienzklasse er erreichen möchte. Das Programm ermittelt dann, wieviel Strom er einsparen muss und welche Investitionskosten für die Strommaßnahmen zu erwarten sind.

Bei den Kostenannahmen unterscheidet das Modell geringinvestive Maßnahmen sowie investive Maßnahmen. Die Investitionskosten pro kWh betragen bei den gering-investiven Maßnahmen 0,05 Euro/kWh. Bei den investiven Maßnahmen werden die Kosten in Abhängigkeit der Effizienzklasse festgelegt, in der der Haushalt im Ausgangszustand eingruppiert ist. Bei einem Haushalt der Stromeffizienzklasse G wird mit 1 Euro Investitionsbetrag pro eingesparte Kilowattstunde gerechnet. Bei einem Haushalt der Stromeffizienzklasse A beträgt die Investitionssumme 1,5 Euro/kWh. Zwischen den Effizienzklassen wird linear interpoliert. Diese Werkseinstellungen können bei Bedarf im versteckten Tabellenblatt „Config“ geändert werden.

2.4 Eingabemaske für Solaranlage und Batteriespeicher

Im Tabellenblatt „Eingabemaske“ trägt der Benutzer die Einstellungen für die Solaranlage und den Batteriespeicher ein. Zudem sind in diesem Tabellenblatt die Förderbedingungen der EWS hinterlegt.

Im Tabellenblatt „Eingabemaske“ wird zunächst abgefragt, ob die Berechnungen für eine Bestandsanlage (also eine bereits bestehende PV-Anlage des Haushalts) oder für eine neu zu installierende PV-Anlage durchgeführt werden sollen. Wird eine Bestandsanlage ausgewählt, so werden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung keine Investitionskosten für die PV-Anlage angesetzt. Auch die Betriebskosten der PV-Anlage werden nicht berücksichtigt, da sie auch im Referenzszenario (Ausgangssituation) bereits anfallen.

Soll das Programm die Wirtschaftlichkeit einer neu zu errichtenden PV-Anlage in Kombination mit einem Batteriespeicher ermitteln, so gibt der Nutzer zunächst die vorhandene Dachfläche für die PV-Anlage ein. Das Programm gibt dann die zu erwartende PV-Leistung aus. Hierbei wird davon ausgegangen, dass Dickschichtmodule installiert werden und diese eine Fläche von 6,2 Quadratmeter benötigen, um eine Leistung von 1 kWp zu erzeugen. Die Leistung in kWp für die geplante PV-Anlage kann jedoch überschrieben werden, sofern der Haushalt z.B. nicht die gesamte Dachfläche nutzen will oder Dünnschichtmodule mit einer anderen Stromausbeute pro Quadratmeter

eingesetzt werden. Der Betrachtungsbereich für PV-Anlage und Batteriespeicher ist auf einen Bereich von bis zu 10 kWp, bzw. 10 kWh begrenzt.

Im Tool können Angaben zu zwei getrennten Dachflächen, bzw. PV-Anlagen gemacht werden, die dann in der Rechnung zusammengefasst werden. Das ermöglicht auch Hausdächer mit unterschiedlicher Ausrichtung gegenüber der Sonne zu erfassen. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Ost-West-Ausrichtung als auch in Bezug auf den Anstellwinkel des Hausdaches.

Der spezifische Jahresstromertrag in kWh/kWp wird im Modell über die geographische Lage ermittelt. Hierzu ist im Auswahlmenü anhand der Postleitzahl die Region zu wählen, in der die Anlage steht, bzw. erbaut wird.

Auf der Basis der installierten Leistung der PV-Anlage schlägt das Programm eine geeignete Speichergröße für den Batteriespeicher vor. Dabei wird in erster Näherung eine Batteriespeichergröße von 1 kWh pro kWp vorgeschlagen. Auch dieser Wert kann überschrieben werden, wenn z.B. ein höherer Autarkiegrad erreicht werden soll, oder z.B. ein Angebot für eine andere Speichergröße vorliegt.

Für die Kostenermittlung für den Stromspeicher sind je nach Größe der Batterie spezifische Kosten pro kWh Batteriekapazität hinterlegt, mit denen das Programm die Investitionskosten errechnet. Die Werte basieren auf einer im Herbst 2017 erstellten Marktübersicht. Die Kosten für den Batteriespeicher umfassen die Installationskosten des Speichers sowie die jährlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten für die Batterie. Diese werden mit 2 Prozent der Investitionssumme angesetzt und unter Berücksichtigung der allgemeinen Inflationsrate für die Folgejahre fortgeschrieben. Die Lebensdauer bzw. der Zeitraum für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann vom Nutzer gewählt werden und beträgt maximal 20 Jahre.

Für die Jahre 2018 bis 2020 wird für die Investitionskosten neuer PV-Anlagen eine jährliche Kostendegression von fünf Prozent, bei den Batteriespeichern eine Degression von 10 Prozent pro Jahr angenommen. Die Einspeisevergütung für Neuanlagen ab Februar 2018 bleibt mit 12,2 Cent/kWh konstant, da nicht absehbar ist, ob auf Grund der EEG-Regelungen (Stichwort Ausbaupfad) ein Anstieg oder eine Absenkung der Einspeisevergütung zu erwarten ist.

Um die Verluste beim Ein- und Ausspeichern zu berücksichtigen, rechnet das Modell mit einem Systemwirkungsgrad des Batteriesystems von 90%.

Förderung von PV-Neuanlagen und Batteriespeicher durch EWS

Mit der Wahl der Batterietechnologie sowie der Größe der Batterie ermittelt das Tool die Förderhöhe, die der Kunde von der EWS erwarten kann. Die Förderbeträge werden entsprechend des Förderkonzepts in der Wirtschaftlichkeitsrechnung auf mehrere Jahre verteilt.

Das gleiche Vorgehen wird beim Zubau einer PV-Anlage durch den Kunden umgesetzt. Dabei wird auch die Anzahl der Neukunden berücksichtigt, die der Kunde für die EWS geworben hat.

In der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind die EWS-Förderbeträge für die PV-Anlage und den Batteriespeicher getrennt ausgewiesen.

2.5 Szenarien-Wahl




Falls in der vorherigen Auswahl eine PV-Bestandsanlage ausgewählt wurde, so muss im Tabellenblatt „Szenarienwahl“ zunächst der Installationszeitpunkt für den Batteriespeicher ausgewählt werden. Hier müssen Monat und Jahr ausgewählt werden, da dies die Länge des Betrachtungszeitraums beeinflusst.

Besteht noch keine PV-Anlage, dann wird davon ausgegangen, dass der Investitionszeitpunkt von PV-Anlage und den gewählten Optionen (Batteriespeicher, E-Auto, Einsparungen) zusammenfällt.

Des Weiteren kann der Benutzer einstellen, über welchen Zeitraum die Berechnungen durchgeführt werden. Dies ist im Bereich Wirtschaftlichkeitsrechnung genauer beschrieben.

In der Matrix Szenarien-Wahl wird entsprechend der obigen Auswahl von einem Referenzszenario mit oder ohne PV-Anlage ausgegangen. Für drei Szenarien kann der Nutzer die Investitionsoptionen zusammenstellen, die er mit dem Referenzszenario vergleichen möchte.

Auswahl der Szenarien

	Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
 PV-Anlage	✓ Ja	✓ Ja	✓ Ja	✓ Ja
 Batterie	✗ Nein	✓ Ja <input type="text"/>	✗ Nein <input type="text"/>	✓ Ja <input type="text"/>
 Einsparung	✗ Nein	✗ Nein <input type="text"/>	✓ Ja <input type="text"/>	✗ Nein <input type="text"/>
 E-Auto	✗ Nein	✗ Nein <input type="text"/>	✗ Nein <input type="text"/>	✓ Ja <input type="text"/>

2.6 Elektroauto

Wählt der Nutzer in einem der drei Szenarien die Investitionsoption E-Auto, so ermittelt das Tool wie sich durch die zusätzliche Stromnachfrage der Eigenstromverbrauch, die Stromeinspeisung sowie der Strombezug verändert. Hierzu muss zunächst im

Tabellenblatt „Elektroauto“ das gewünschte Elektrofahrzeug gewählt und das Nutzungs- und Ladeverhalten eingeben werden.

Um die Nutzung zu erleichtern sind für einige der in Deutschland beliebtesten Elektrofahrzeuge die technischen Kennzahlen wie beispielsweise der Stromverbrauch nach NEFZ hinterlegt. Für die Berechnungen wird jedoch nicht der Normalverbrauch nach NEFZ verwendet, sondern die realistischen Verbrauchswerte die vom VCD ermittelt wurden. Die Verbrauchswerte können vom Benutzer überschrieben werden.

Danach werden wichtige Nutzungsinformationen abgefragt, um die Auswirkungen auf die Solarenergienutzung zu ermitteln:

- Bei der täglichen Fahrleistung wird zwischen Werktags und Wochenendtagen unterschieden.
- Den Ladezeitpunkt für Wochen- und Wochenendtage kann der Nutzer selbst vorgeben.
- Auf der Basis der einzugebenden Ladeleistung wird daraus die Stromnachfrage im Zeitablauf ermittelt, die zusätzlich zu der Standardlastkurve anfällt.

Im unteren Feld wird noch abgefragt, welches Fahrzeug durch das E-Mobil ersetzt wird. Hierbei werden Verbrauchswerte vorgegeben, die jedoch vom Nutzer überschrieben werden können.

2.7 Darstellung der Ergebnisse

Im Excel-Sheet Ergebnisse werden die Veränderungen dargestellt, die sich durch den Einsatz des Stromspeichers oder durch den Einsatz des Stromspeichers in Verbindung mit anderen Investitionsoptionen ergeben. So ermittelt das Programm wie hoch die zu erwartende Stromproduktion der Solaranlage ist und welcher Anteil dieser Stromerzeugung im Haushalt selbst genutzt werden kann (Eigenverbrauch von Strom).

Eigenverbrauchsquote [%] = (PV-Stromerzeugung minus Einspeisung)/PV-Stromerz.

Die Eigenverbrauchsquote ist der prozentuale Teil des erzeugten Solarstroms, der selbst genutzt wird. Bsp: PV-Stromerzeugung 4000 kWh/a, Einspeisung 2800 kWh/a ergibt eine Eigenverbrauchsquote von 1200 kWh/4000 kWh=30%.

Davon abzugrenzen ist der Autarkiegrad:

Autarkiegrad [%] = eigenverbrauchter PV-Strom / Gesamtstromverbrauch

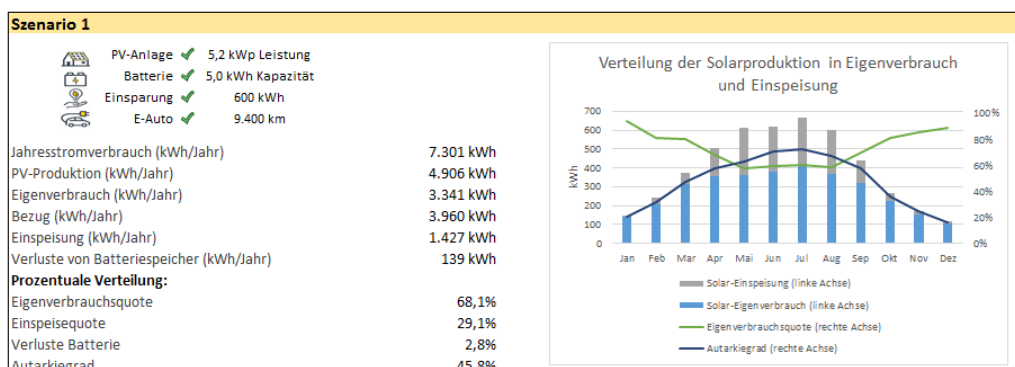
Ein Autarkiegrad von 100% bedeutet, dass sich ein Haushalt vollständig selbst mit Strom versorgen kann. Er könnte sich also vom Netzbetreiber abkoppeln.

	Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Prozentuale Verteilung				
Eigenverbrauchsquote <small>Anteil des PV-Stroms der selber verbraucht wird</small>	35%	61%	31%	61%
Autarkiegrad <small>Anteil des Stromverbrauchs der netzunabhängig gedeckt wird.</small>	40%	69%	42%	69%
Einspeisequote Verluste Batterie <small>(als Anteil der PV-Produktion)</small>	64,9% -	36,2% 2,9%	69,0% -	36,2% 2,9%

Will der Nutzer z.B. eine bestimmte Eigenverbrauchsquote erreichen, so kann er durch eine Veränderung der Eingabeparameter (Speichergröße, PV-Leistung oder Jahresverbrauch bzw. Einsparung) diese solange anpassen, bis er die gewünschte Quote erreicht.

Im Vergleich der Auswirkungen des Batteriespeichers mit den anderen möglichen Varianten (z.B. Batteriespeicher plus E-Fahrzeug plus Einsparung) kann der Nutzer auch gut erkennen, wie sich E-Fahrzeug und Einsparung auf Strombezug, Eigenverbrauch und Einspeisung auswirken. Weiterhin wird für den Batteriespeicher die Anzahl der Volllastzyklen ermittelt. Im Ergebnisblatt sind jeweils die Werte zusammengefasst, die sich aus der CO2-Bilanz der Maßnahmen sowie aus der Wirtschaftlichkeitsberechnung ergeben.

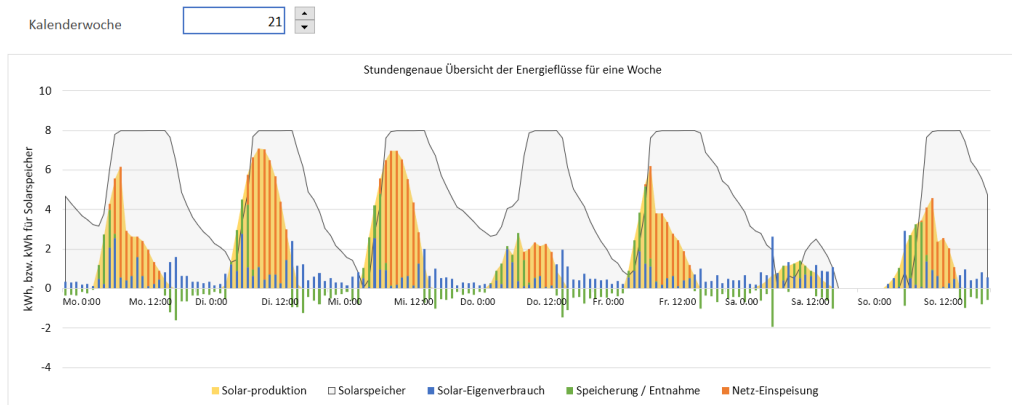
Im unteren Teil der Ergebnisdarstellung findet sich eine differenzierte Ergebnisdarstellung für das Referenzszenario sowie die drei benutzerdefinierten Szenarien. Neben den Jahreswerten für den Jahresstromverbrauch, die PV-Produktion, den Eigenverbrauch, den Strombezug, die Einspeisung und die Batteriespeicherverluste wird eine nach Monaten differenzierte Darstellung der Eigenverbrauchsquote sowie des Autarkiegrads angezeigt.



Im letzten Teil der Ergebnisdarstellung werden die detaillierten Energieflüsse des Batteriespeichers für eine ausgewählte Kalenderwoche angezeigt. Über das Kontrollfeld kann der Benutzer die gewünschte Kalenderwoche auswählen. Systembedingt werden

in dieser Grafik immer die Ergebnisse aus Szenario 1 angezeigt. In der unten angezeigten Grafik werden die Ergebnisse für eine sonnige Sommerwoche (KW 21) angezeigt.

Detailansicht der Energieflüsse für den Batteriespeicher für Szenario 1



2.8 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Um die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung in einer aussagekräftigen und übersichtlichen Darstellung zu präsentieren, wurden im Tabellenblatt „Wirtschaftlichkeitsrechnung“ die wichtigsten Eingabe- und Ausgabedaten tabellarisch zusammengestellt.

Im Referenzszenario werden zunächst die Stromkosten des Haushalts für die Ausgangssituation bestimmt. Dabei werden zwei Unterpfade unterschieden: der Haushalt hat noch keine Solaranlage oder die PV-Anlage ist bereits installiert. Neben den Kosten des Reststrombezugs und der Stromeinspeisung ermittelt das Programm in Abhängigkeit des Installationszeitpunkts der Solaranlage die Einspeisevergütung und die Erträge für die PV-Anlage.

Da die Nutzungsdauer des Batteriespeichers und des Elektrofahrzeuges von der Nutzungsdauer einer neuen PV-Anlage abweicht, ermöglicht das Tool den Betrachtungszeitraum zu verändern. Für die Nutzung des Batteriespeichers sowie des E-Fahrzeugs wird empfohlen, eine Nutzungsdauer zwischen 10 und 15 Jahren einzugeben. Für die Solaranlage wird bei einem kürzeren Betrachtungszeitraum als 20 Jahre ein Restwert in die Kalkulation mit einbezogen. Alle Kosten und Nutzen werden über den gewählten Betrachtungszeitraum ermittelt. Dabei werden die zukünftig anfallenden Kosten für den Strombezug mit der Preissteigerungsrate für Strom, alle sonstigen Kosten unter Berücksichtigung der allgemeinen Inflationsrate ermittelt. Das Rumpffjahr wird jeweils zum ausgewählten Betrachtungszeitraum hinzugezählt. Wird beispielsweise eine Installation im März 2018 geplant und wurde als Nutzungsdauer 10 Jahre angegeben, so erstreckt sich die tatsächliche Rechnung über 10 Jahre und 9 Monate.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit des Elektrofahrzeugs ist die Analyse auf die Auswirkungen im Hinblick auf die sich veränderte Bilanz für die Solaranlage und den Strombezug, die Stromeinspeisung sowie auf die Stromverbrauchskosten des Elektroautos, den eingesparten fossilen Brennstoff des ersetzten Fahrzeugs und eine optionale monatliche Batteriemiete beschränkt. Die Anschaffungskosten für das E-Fahrzeug (sowie die vermiedenen Anschaffungskosten für das mit fossilen Brennstoffen betriebene Fahrzeug) werden nicht berücksichtigt. Da einige E-Mobil Hersteller die Batterie nicht verkaufen, sondern leasen haben wir die Möglichkeit geschaffen, eine Leasinggebühr für die Batterie in die Wirtschaftlichkeitsrechnung mit einzubeziehen.

In den Szenarien wird zunächst die Kosten-Nutzenbilanz für die gewählte Investitionsoption errechnet. Dabei werden zunächst die nominalen Werte für zusätzlichen Einnahmen und Ausgaben durch die jeweilige(n) Maßnahme(n) ermittelt und das Ergebnis mit dem Referenzszenario verglichen.

In einem weiteren Schritt wird die interne Verzinsung des eingesetzten Kapitals ermittelt (IRR, Internal Rate of Return). Hierzu werden die jährlichen Salden aus Einnahmen und Ausgaben mit der Inflationsrate abgezinst. Beträgt die durchschnittliche Inflationsrate zwei Prozent, so werden z.B. die Nettoerträge von 1000 Euro im ersten Jahr um zwei Prozent abgezinst (mit dem Faktor $1/1,02$ multipliziert), im zweiten Jahr mit dem Faktor $1/1,02^2$ korrigiert und so weiter. Mit der Formel für den IRR wird danach die Kapitalrendite ermittelt.

In den Szenarien 1 bis 3 werden jeweils die wirtschaftlichen Auswirkungen im Verhältnis zum Referenzszenario dargestellt. Dabei wird jeweils eine Jahresbilanz als auch eine Bilanz über den gesamten Betrachtungszeitraum durchgeführt.

Natürlich können auch die Ergebnisse der drei Szenarien untereinander verglichen werden.

2.9 CO₂-Emissionen

Im Tabellenblatt „CO₂-Emissionen“ wird die Wirkung der einzelnen Investitionsoptionen detailliert dargestellt. Hierbei werden die Investition in die PV-Anlage (sofern nicht Bestandsanlage) in den Batteriespeicher, in Stromsparmaßnahmen sowie in die Nutzung eines E-Mobil getrennt ermittelt. Bei Nutzung eines E-Mobil werden die eingesparten CO₂-Emissionen eines konventionellen Fahrzeugs gegengerechnet.

Bevor gerechnet wird, muss der Nutzer noch die Berechnungsmethode eingeben. Das Tool unterscheidet im Auswahlmenü zwischen der Betrachtung „Grenzkraftwerk“ und „Kraftwerksmix“. Beim Kraftwerksmix wird mit den durchschnittlichen Emissionen des deutschen Kraftwerksparks gerechnet. Diese Berechnung berücksichtigt jedoch nicht, dass eine zusätzliche Stromnachfrage nicht aus regenerativen Energiequellen oder Atomkraftwerken kommt, sondern der Strom von konventionellen Kraftwerken erzeugt werden muss. Bei der Betrachtung „Grenzkraftwerk“ wird unterstellt, dass der zusätzlich

aus dem Netz bezogene Strom aus einem Mix von fossilen Kraftwerken kommt. Hier wurde zugrunde gelegt, dass jeweils ein Drittel des Stroms aus Steinkohle, Braunkohle und Erdgas hergestellt wird. Auf der Basis der Kraftwerksemissionsdaten des Umweltbundesamtes wurde ein Emissionswert von 802 g CO₂ pro kWh Strom ermittelt. Im Vergleich hierzu liegt der durchschnittliche Wert für den Kraftwerksmix bei 527 g CO₂/kWh.

In einem weiteren Schritt werden die CO₂- Emissionen für die Herstellung der PV-Batterie sowie für die Herstellung der Autobatterie ermittelt. Da für diese Werte noch keine verlässlichen Literaturangaben gefunden werden konnten, sind diese Werte als grobe Schätzwerte oder Merkposten anzusehen. Sie können bei Bedarf auch aus der Rechnung ausgeklammert werden, indem die Emissionswerte für die Produktion der Batterie mit „0“ überschrieben werden.

2.10 Druckansicht

In der Druckansicht werden alle wichtigen Eingangsparameter und Ergebnisse zusammengefasst, so dass die durchgeführten Berechnungen für die unterschiedlichen Szenarien einfach und vollständig dokumentiert werden können.

3 Haftungsausschluss

Wirtschaftlichkeitsberechnungen für langlebige Güter beziehen sich auf Ereignisse und Entwicklungen, die in ferner Zukunft liegen. Da die Zukunft ungewiss ist, sollte auch jede Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit entsprechender Vorsicht interpretiert werden. Unser Modell versucht mögliche Entwicklungen abzubilden und die Entscheidung über verschiedene Handlungsoptionen (PV, Speicher, Energieeffizienz, E-Fahrzeug) zu erleichtern. Für die Richtigkeit der Ergebnisse kann jedoch keine Gewähr übernommen werden.

4. Copyright

Das Copyright für alle Inhalte obliegt Büro Ö-quadrat GmbH.

5. Quellenangabe

- Bundesnetzagentur, Daten zur Einspeisevergütung von PV-Anlagen
- Stromeffizienzklassen: Das Konzept der Stromeffizienzklassen für Haushalte wurde vom Institut für sozio-ökologische Forschung und dem Öko-Institut e.V. entwickelt. Weitere Informationen finden Sie hier: <http://www.stromeffizienzklassen.de/>
- Die verwendete Lastkurve wurde von der Forschungsgruppe "Energy Efficient and Smart Cities" von Frau Dr. Cheng an der Technischen Universität München zur Verfügung gestellt: Weitere Angaben finden sich in der folgenden Publikation: Jambagi, M. Kramer, V. Cheng, "Residential Electricity Demand Modelling", 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), 10-13 December 2015, Marrakech & Ouarzazate, Morocco.
- Die Kosten für die investiven Stromsparmaßnahmen wurden aus folgender Kurzstudie übernommen:
R. Grieshammer, S. Albert-Seifried: "Marktanalyse Solarspeicher - Werden Herstellerversprechen eingehalten und rechnen sich Solarspeicher für den Verbraucher" - Februar 2017
- Quelle für die im Tool hinterlegten Preise für PV-Anlagen und den Ertragswert für PV-Anlagen:
<https://photovoltaiksolarstrom.com/aufbau-photovoltaik/photovoltaikmodule/vergleich/#preise>
- Weitere Quellen für Recherche über Batteriespeicher und Preise
BDEW (2017): BDEW - Strompreisanalyse Mai 2017. Online verfügbar unter [https://www.bdew.de/inter-net.nsf/res/ACB6766AE4CA66E0C1258132004BC873/\\$file/170531_BDEW_Strompreisanalyse_Mai2017.pdf](https://www.bdew.de/inter-net.nsf/res/ACB6766AE4CA66E0C1258132004BC873/$file/170531_BDEW_Strompreisanalyse_Mai2017.pdf), zuletzt geprüft am 25.08.2017.
- BSW; BVES (2017): Effizienzleitfaden für PV-Speichersysteme. Online verfügbar unter http://www.bves.de/wp-content/uploads/2017/04/Effizienzleitfaden_V1.0.4_April2017.pdf, zuletzt geprüft am 24.08.2017.
- Figgenger, J.; Haberschusz, D.; Kairies, K.; Wessels, O.; Tepe, B.; Ebbert, M. et al. (2017): Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Jahresbericht 2017. Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe der RWTH Aachen. Online verfügbar unter http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user_upload/Speichermonitoring_Jahresbericht_2017_ISEA_RWTH_Aachen.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2017.
- Kairies, K.; Haberschusz, D.; van Ouwerkerk, J.; Strebel, J.; Wessels, O.; Magnor, D. et al. (2016): Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher. Jahresbericht 2016. Hg. v. Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe der RWTH Aachen. Online verfügbar unter http://www.speichermonitoring.de/fileadmin/user_upload/Speichermonitoring_Jahresbericht_2016_Kairies_web.pdf, zuletzt geprüft am 04.07.2017.

- Köhler, A. R.; Baron, Y.; Bulach, W.; Heinemann, C.; Vogel, M.; Behrendt, S. et al. (2017): Vergleichende ökonomische und ökologische Bewertung von innovativen, stationären Energiespeichertechnologien in der industriellen Produktion. Hg. v. VDI ZRE.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg (Hg.) (2017): Photovoltaik und Batteriespeicher. Technologie, Integration, Wirtschaftlichkeit. Online verfügbar: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/UM_PV_Batteriespeicher.pdf , zuletzt geprüft am 06.07.2017.
- Sauer, D. U. (2013): Marktanreizprogramm für dezentrale Speicher insbesondere für PV-Strom. Kurzgutachten. RWTH Aachen - Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe. Online verfügbar unter https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Gutachten/kurzgutachten_marktanreizprogramm_bf.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 07.07.2017.
- Wirth, H. (2017): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Hg. v. Fraunhofer ISE. Online verfügbar unter <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>, zuletzt geprüft am 25.08.2017.