

Projektvorschlag Team 2

Auftraggeber: DREWAG, ENSO

Erstellt von: Helene Brückner, Joost Ehrhardt, Christoph Häubler, Tamara Heinz, Simon Kurtenbach, Marius Mohs, Paul Opitz, Jimmy Steinweh

Team Coach: Ann-Kathrin Link

15. Oktober 2020



KURZFASSUNG

Ausgangssituation

Zwischen 1963 und 1980 wurden 122 Schulen des Gebäudeschultypes *Dresden Atrium* im selbigen Regierungsbezirk errichtet, im Stadtgebiet von Dresden standen davon 55 Schulen. Heutzutage wurden viele dieser saniert und umgebaut, sodass nur noch bei einigen die Grundzüge erkennbar sind. Auch die Laborschule in Dresden entspricht nicht vollständig dem Typenschulbau. In Dresden gibt es insgesamt 189 Schulen, bei vielen davon ist die Dachfläche für Solaranlagen nutzbar. Für den typisierten Bau sind 57,6% der Dachfläche nutzbar, das entspricht etwa 625 m². Epic Power Visions setzt sich in Zusammenarbeit mit ENSO und DREWAG dafür ein, dass möglichst viele Schulen zukünftig mit Photovoltaikanlagen ausgerüstet sind. Damit gehen wir einen wichtigen Schritt zu einer nachhaltigen Umwelt.

Zielsetzung

Als Ziel gilt es „[...] anhand des Gebäudeschultyps *Dresden* der Laborschule Dresden ein auf **weitere Schulen und eventuell weitere Schultypen in kommunaler Trägerschaft skalierbares Konzept** von Energiegewinnung mittels Photovoltaik [...]“¹ zu erstellen.

Lösung

EPVSchools besticht mit der Bearbeitung der Problemfrage durch eine klare Lösung mit innovativen Technologien. Das Dach der Schule wird dabei dank Ost-West-Ausrichtung optimal genutzt. Durch die Redox-Flow-Speicher setzt das Unternehmen auf die Technologie der Zukunft. Dabei profitieren sowohl die Schule durch niedrigere Stromkosten als auch der Verpächter durch eine Rendite in Höhe von 36,6 Prozent. So sorgt EPVSchools bereits heute für eine saubere und lebensfreundliche Umwelt.

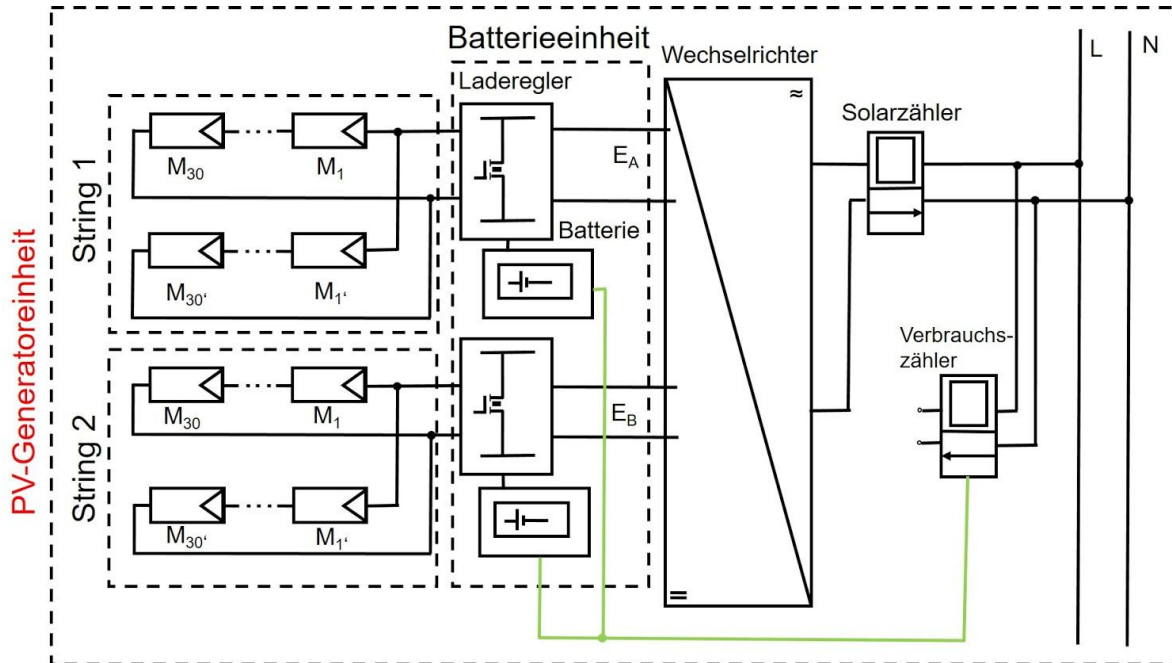
Portfoliogliederung

1. SCHEMATISCHE DARSTELLUNG
2. NUTZFLÄCHE
3. REDOX-FLOW-SPEICHER
4. AUTARKIE
5. GESETZLICHER RAHMEN
6. SICHERHEIT & MAßNAHMEN
7. WIRTSCHAFTLICHKEIT
8. HANDLUNGSEMPFEHLUNG

¹Dokument: „Aufgabenstellung_BeING Inside_2020-final.pdf“
2. Aufgabenstellung S.3



1. SCHEMATISCHE DARSTELLUNG



Stromlaufplan der PV-Generatoren

- Drei PV-Generatoreinheiten mit je einer Batterieeinheiten und einem Wechselrichter
- Pro Wechselrichter 120 Module, außer PV-Generatoreinheit 3: 90 Module
- Je String Parallelschaltung von je 30 Module in Reihe
- Außer String 6 in PV-Generatoreinheit 3: nur 30 in Reihe
- Grüne Linie: für Verschaltung von Redox-Flow-Batterie essentiell; bei Lithium-Batterie nicht notwendig

Technische Daten der Bestandteile:

	Max. Leistung	Nennleistung	Wirkungsgrad	I bei max. Leistung	U bei Max Leistung	Wartung	Preis pro Einheit
Solar-Modul DB NeMo 2.0 60M Black	325 W	325 W	19,4 %	9,89 A	33,13 V	25 a	126,00 €
Wechselrichter SMA Sunny Tripower 25000TL	45000 W	25550 W	98 %	33 A	1000 V	10 a	2675,80 €
Batterie VoltStorage SMART 6.2	1500 W	800 W	98 %	60 A	25,2 V	Nicht nötig	6999,99 €



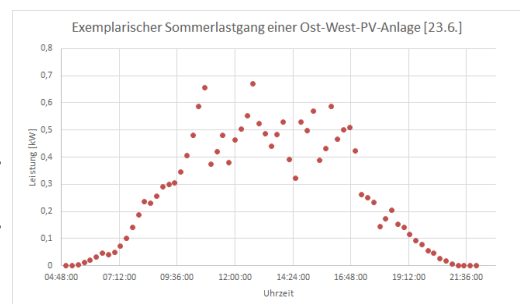
2. NUTZFLÄCHE

Dachflächen:

Die häufigsten Dachtypen bei Schulen sind Flachdach, Pultdach, Satteldach, Walm- bzw. Zeltdach, Mansarddach und Tonnendach, dabei konzentrieren wir uns auf den Typ Flachdach. Werden die Module der PV-Anlage auf einem Flachdach in südlicher Ausrichtung montiert, so ist die Ausrichtung am effizientesten. Zu beachten ist jedoch, dass zwischen den Modulreihen ein Abstand eingehalten werden muss, um gegenseitige Verschattung der Module zu vermeiden. Richtet man die Module ost-westlich aus, können sie aufgrund des geringeren Schattenwurfs enger beieinander aufgestellt werden. Auf die gleiche Dachfläche können somit mehr Module installiert werden.

Modulausrichtung	Flach	Süd	Ost-West
Vorteile	- maximale Flächennutzung	- Optimale Leistung der Module - Eigenreinigung der Module	- Eigenreinigung - gleichmäßige Verteilung der Leistung tagsüber - hohe Leistung am Morgen und Abend - Module effektiver als bei Flach
Nachteile	- Nicht optimale Leistung der Module - regelmäßige Reinigung	- Weniger Module - Ungleichmäßige Verteilung der Leistung	- Nicht optimale Leistung der Module

Wenn unsere Anlage auf dem Dach der Laborschule Module mit einer südlichen Ausrichtung und 30° Neigungswinkel installiert, könnten wir bis zu 236 Module anbringen. Damit erwarten wir eine Jahresstromerzeugung von rund 76.705,9 kWh und einer spezifischen Jahresstromerzeugung von 121,3 kWh/m². Wird eine ost-west ausgerichtete Anlage mit Neigungswinkel 10° installiert liegt die erwartete Jahresstromerzeugung bei 91.307,8 kWh und die spezifische Jahresstromerzeugung bei 144,4 kWh/m². Die wesentlich höhere Leistung ist auf die höhere Modulzahl von insgesamt 330 Modulen zurückzuführen. Aus diesem Grund wird für unser Projekt eine ost-west ausgerichtete Anlage verwendet. Die Zahlenwerte ergeben sich aus dem kW-Peak der Module und dem Standardlastprofil einer 1 kWp PV-Anlage. Da das Standardlastprofil für flache Solarzellen gilt, wurde für die Ausrichtung ein entsprechender Effektivitätsfaktor ausgewählt.²



²Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis; Mertens, Konrad; Carl Hanser Verlag, 2018



3. REDOX-FLOW-SPEICHER^{3, 4}

Die Redox-Flow-Batterie wird auch als Flüssigbatterie bezeichnet, wobei zwei Elektrolyte mit unterschiedlichen Ladungen in getrennten Kreisläufen zirkulieren. Die beiden getrennten Elektrolyte fließen an einer Membran entlang, wobei eine Reaktion stattfindet, in der Ionen gelöst werden. Diese bewegen sich zu den in der Nähe befindlichen Elektroden, sodass ein Stromfluss entsteht. Häufigste Verwendung findet die Vanadium-Redox-Flow-Batterie mit Vanadium als Elektrolyt.

Vorteile (Vanadium-Redox-Flow):

Die Lebensdauer wird auf etwa 20 Jahren angenommen. Vanadium entsteht als Abfallprodukt beim Eisenabbau und ist außerdem eines der häufigsten Elemente, sodass es weitläufig verfügbar ist. Weiterhin ist die Batterie sehr gut recyclebar, da man die Elektrolyte zurückgewinnen und wiederverwenden kann. Durch eine schwere Entflammbarkeit und keiner Explosionsgefahr der Akkumulatoren besitzt die Vanadium-Redox-Flow-Batterie eine hohe Sicherheit. Ebenfalls ist der Wirkungsgrad dieser höher als der anderer Redox-Flow-Batterien.

Nachteile (Vanadium-Redox-Flow):

Da die Technologie der Batterien sehr modern ist, sind die Erfahrungen hinsichtlich Alterung und langfristiger Leistungsfähigkeit zu gering, um darüber genaue Einschätzungen vornehmen zu können. Aufgrund ihrer geringen Energiedichte sind Redox-Flow-Batterien für Anwendungen mit Gewichts- und Raumlimitierungen ungeeignet.

4. AUTARKIE

	Ohne PV	Lithium	Vanadium
Verbrauch gesamt	285613 kWh	285613 kWh	285613 kWh
Verbrauch Solarstrom	0 kWh	70166 kWh	68767 kWh
Autarkie	0,00 %	24,57 %	24,08 %

³<https://voltstorage.com/stromspeicher-ohne-lithium/>

⁴<https://www.ramfan.com/de/the-pros-and-cons-of-lithium-ion-batteries.html>



5. GESETZLICHER RAHMEN

In Deutschland regelt das Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien, letzte Veränderung 2017, die juristischen Grundlagen für das Projekt. Ziel des Gesetzes ist die Hebung des Anteils der erneuerbaren Energien bis 2030 auf 65% der gesamten Stromerzeugung. Nach §9 muss die Einspeiseleistung der Anlage durch Fernsteuerung der bei Netzüberlastung reduziert werden können. Das Direktvermarktungsunternehmen muss dabei auch die Ist-Einspeisung abrufen können. Jegliche Baumaßnahmen müssen nationale, europäische und internationale Berichtspflichten erfüllen. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz wurde in den letzten Jahren häufig novelliert, dennoch betrifft unser Projekt eine Änderung nicht, da Verträge über die kommenden 20 Jahre abgeschlossen werden und die EEG-Umlage in unseren Rechnungen daher als konstanter Faktor angenommen werden kann. Da die Schule den Strom nicht als Hauptzweck gewinnt, erhält diese dafür nach §48 8,91 ct/kWh – in unseren Rechnungen als 9 ct/kWh gerechnet.⁵

6. SICHERHEIT & MAßNAHMEN^{6,7}

Risiko/ Gefahr	Maßnahme
Elektromagnetische Felder/ Elektromog	- Gewährleistung Sicherheit durch Entfernung der Schüler von Anlage
Brand	- Kabelwege der Gleichstromspannung kurz - Hinweis zu PV-Anlage am Hausanschlusskasten - Lageplan der spannungsführenden Komponenten - regelmäßige Wartung
Speicher	- Speicherraum unzugänglich für ungeschultes Personal/ Kinder
Belastung	- Prüfung durch Statiker
Blitzschlag	- Anschluss an Blitzschutzsystem
Unbefugte Personen	- Abtrennung der Anlage von öffentlich begehbaren Flächen
Schaden durch Flug-/ Wurfobjekte	- Belehrung und Projekte für Schüler/ Eltern/ Lehrpersonal zur Sensibilisierung

⁵http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_48.html

⁶<https://www.erdgas-suedwest.de/natuerlichzukunft/solaranlage-brandgefahrlich-was-die-feuerwehr-rat/>

⁷<https://www.rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik/planung/gefahren>



7. WIRTSCHAFTLICHKEIT

Einflussfaktor jährlich	Ohne PV Anlage	Lithium	Redox-Flow
Ausgaben Strom	82.130 €	52.895 €	52.632 €
davon EEG-Umlage	12.427 €	5.787 €	5.758 €
Einnahmen Einspeisung	0 €	2.064 €	1.770 €
Instandhaltung	0 €	2.699 €	4.140 €
Installation - einmalig	0 €	174.935 €	207.027 €
alle 10 Jahre	0 €	73.935 €	8.028 €
Pachtgebühr	0 €	24.440 €	24.999 €
Ersparnis Schule	0 €	2.730 €	2.728 €
nach 20 Jahren	0 €	54.609 €	54.556 €
Gewinn Enso/Drewag	0 €	2.306 €	5.605 €
nach 20 Jahren/Rendite	0 €	46.113 €/10,9%	112.107 €/36,6%

EPVschools bietet als Lösung einen wirtschaftlichen Vorteil für alle beteiligten Partner. Dabei setzt das Projekt auf ein Pachtmodell, bei dem die Schule die Anlage mit ihren Vorzügen samt Gewinn durch Einspeisung überschüssiger Energie ins öffentliche Stromnetz genießen kann ohne sich um die Pflege und Instandhaltung der Anlage sorgen zu müssen. Die Kosten dafür werden durch den Anlagenbetreiber in vollem Umfang übernommen. Dieser darf sich darüber freuen, dass durch Nutzung der Redox-Flow Speichertechnik der Austausch der Speichermodule alle 10 Jahre entfällt und nur Wartung⁸ und Installation⁹ auf ihn zurückfallen. Mit den neuartigen Speicher wird die Rendite des Betreibers von 11 % bei konventionellen Speicher auf 37% gehoben. Dabei wird die Ersparnis für die Schule nicht gesenkt. Diesen Werten liegt der jährliche Strombedarf zugrunde, welcher in Zukunft durch die Photovoltaik-Einrichtung unterstützt wird. Dadurch sinkt der Stromverbrauch auf ein ganzes Jahr betrachtet und auch die EEG-Umlage beläuft sich auf nur 40%.

⁸<https://www.energieheld.de/solaranlage/photovoltaik>

⁹Die Installationskosten setzen sich aus Kosten der Anlage + 2400€ Materialkosten + 4000€ Montagekosten, welche sich aus den Stundenlöhnen der beteiligten Personen auf 2 Wochen Montagezeit ergeben, zusammen.



8. HANDLUNGSEMPFEHLUNG

Ob eine Förderung seitens des Bundes bzw. des Landes Sachsen langfristig denkbar ist, ist unklar. Dies hängt mit dem Ende der aktuellen gesetzlichen Förderperiode im Jahr 2020 zusammen. Eine Verlängerung dieser ist momentan aufgrund von Unsicherheiten der wirtschaftlichen Lage durch die Corona-Epidemie noch nicht absehbar. Zusätzliche Schwierigkeiten entstehen dadurch, dass sämtliche Förderungen durch den Auftraggeber, also die Schulen beantragt werden müssen. Um unser Epic Power Vision School Programm dennoch den Schulen schmackhaft machen zu können, werden folgende Förderungen empfohlen:

- Förderung von Stromspeichern (Richtlinie Speicher) - SAB
- Klima/2014 Programmteil B) IV. Anlagen und Infrastrukturelle Einrichtungen 4. komplexe Energieleittechnik oder Gebäudeleittechnik
- Klima/2014 Programmteil B) V. Modellprojekte - SAB

Genauere Informationen zu Förderhöhe und-bedingung können dabei auf Nachfrage den Schulen zur Verfügung gestellt werden. Alternative Fördermöglichkeiten entstehen bei der Nutzung des erwirtschafteten Stroms durch E-Auto Ladestationen vor der Schule bzw. den Einbau spezieller Kälte-und Klimaanlage.

