

Druckluft aus PV-Strom ?

Analyse und Konzeptvorschlag ¹⁾

Autorenteam: Andreas, Hans-Peter ²⁾ & Hubert Bellm ³⁾

Versionsdatum: 08.09.2014

1) Vorschläge ohne Gewähr. Keine Haftung für die Richtigkeit von Formeln, Berechnungs- und Messergebnissen!

2) Werkzeugmaschinen-Service GmbH, Stutensee

3) Gewidmet meinem ehemaligen Physiklehrer Herrn Dr. Ludwig Flaschner, der mich dazu motiviert hat, „auch mal über den Tellerrand zu schauen“

Druckluft aus PV-Strom ?
Inhalt

| | |
|---|---|
| Management Summary | 3 |
| Energiekosten und energiespezifische Speichervolumina von Druckluft | 4 |
| Konzept eines Anlagenschemas | 5 |
| Bezugszeichenliste zum Anlagenschema | 6 |
| Beispiel Druckluftspeicher entsprechend 3,9kWh bei 10bar | 7 |
| Kostenrechnung Druckluftspeicherung aus PV-Strom | 8 |

Druckluft aus PV-Strom?
Management Summary



- Der Vergütungssatz für die Einspeisung von PV-erzeugtem Strom beträgt z. Zt. ca. €0,13 und wird weiter sinken.
- Eine Wirtschaftlichkeit privater und gewerblicher PV-Anlagen ist dadurch künftig nur über eine deutliche Erhöhung des Eigenstromverbrauchs von üblicherweise ca. 25% auf mindestens 60% oder mehr erreichbar.
- Die Erhöhung des Eigenstromverbrauchs ist grundsätzlich nur über einen (Strom-)Speicher realisierbar. Bisher bekannte Speicher beruhen auf Batterie-technologien mit ihren bekannten Nachteilen.
- Im folgenden wird kurz der Gedanke angerissen, **Druckluft** für mittlere bis große Gewerbebetriebe aus PV-Strom zu erzeugen (siehe Gebrauchsmuster DE202013101251).
- **Bekanntermaßen ist die Druckluftherzeugung sehr teuer, was andersherum betrachtet vorteilhaft für die Amortisationsrechnung von PV-Anlagen ist.**

Druckluft aus PV-Strom? Energiekosten und energiespezifische Speichervolumina

- Druckluftherzeugung ist teuer, aber wie teuer genau?
- Druckluft ist prinzipiell **speicherbar**, aber welcher Strommenge¹⁾ entspricht ein bestimmtes Druckbehältervolumen?

$$P_{el} = \frac{7,8 \text{ kW}}{\text{m}^3 / \text{min}} \text{ bei } 10 \text{ bar} \Rightarrow P_{el} \approx \frac{0,78 \text{ kW}}{100 \text{ Liter} / \text{min}} \quad 2)$$

⇒ Energiekosten eines Luftbedarfs von 100 Liter/min für 1h ≈ €0,16³⁾

Spezifische Größe Zusatzspeicher (bezogen auf das Druckbehältervolumen):

$$W_{el} = \frac{7,8 \text{ kWh} \div 60 \text{ min}}{\text{m}^3 \div 10 \text{ bar}} \Rightarrow W_{el} = \frac{0,13 \text{ kWh}}{100 \text{ Liter Behältervolumen}} \text{ bei } 10 \text{ bar}$$

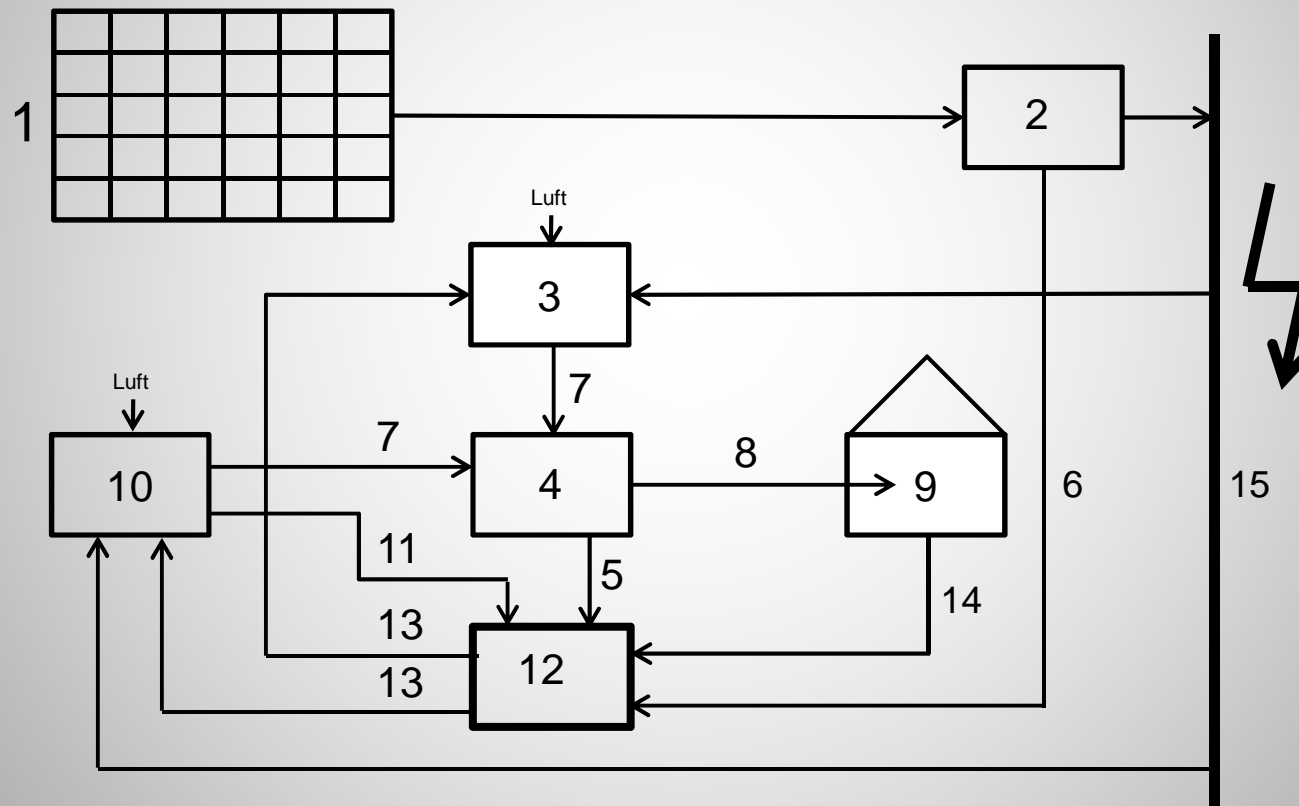
⇒ 3,9 kWh = 3 m³, entsprechend Kosten von netto ≈ €2.800,-

1) Entspricht der äquivalenten Strommenge, die zur Erzeugung der Druckluftmenge für den maximalen Fülldruck des Druckbehälters benötigt wird.

2) Quelle: z. B. <http://energie.ch/energie/themen/industrie/druckluft/>

3) Bei einem Netto-Strompreis von €0,21 / kWh

Druckluft aus PV-Strom?
Konzept eines Anlagenschemas



Druckluft aus PV-Strom ?

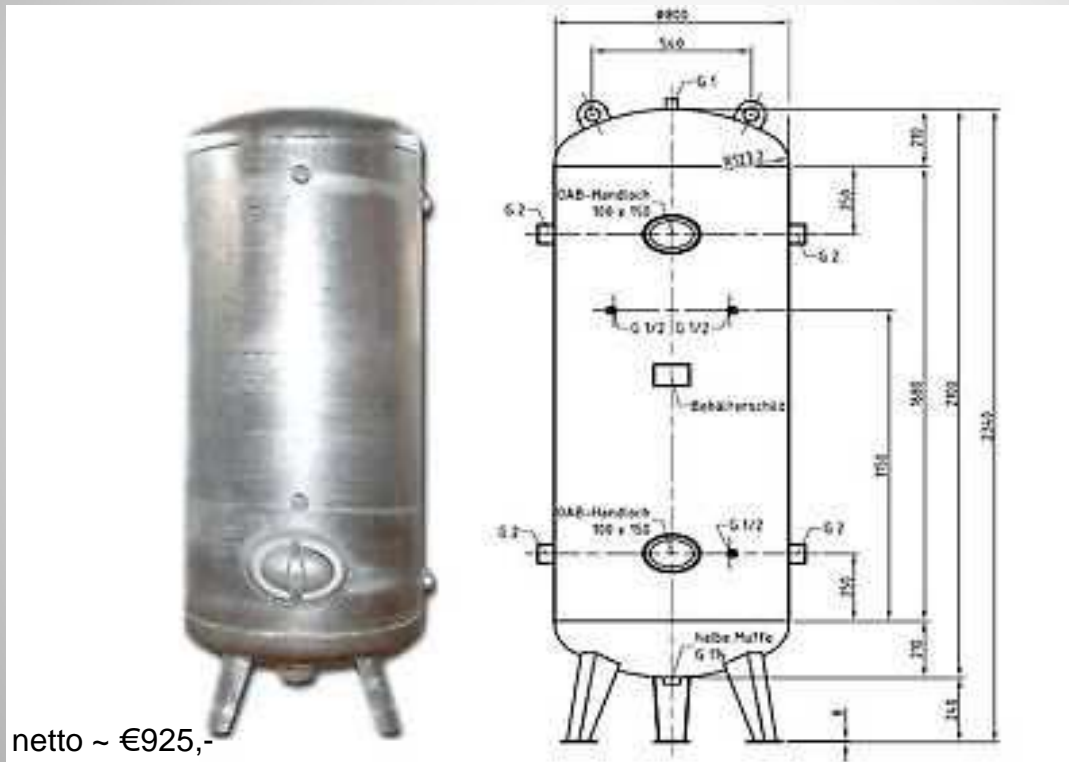
Bezugszeichenliste zum Anlagenschema

- 1 Fotovoltaikanlage
- 2 Wechselrichter
- 3 Konventioneller Kompressor (optional drehzahlvariabel)
- 4 Druckluftbehälter, i. a. Bestandteil von 3 (optional um weitere Behälter ergänzt)
- 5 Fülldruck von 4
- 6 EV-Signal vom Wechselrichter (EV = Energieverfügbarkeit)
- 7 Druckluft-Speiseleitung
- 8 Druckluft-Entnahmeleitung
- 9 Werkstatt/Fabrik
- 10 Drehzahl-steuerbarer Zusatz-Kompressor kleinerer Leistung als 3
- 11 Ausgangsdruck von 10
- 12 EV-Steuergerät für 3 und 10
- 13 Steuersignal für 3 und 10
- 14 Signal des augenblicklichen Eigenverbrauchs vom Zähler
- 15 Niederspannungsnetz

Druckluft aus PV-Strom?

Beispiel Druckluft-Speicher entsprechend 3,9kWh/10bar

3x



netto ~ €925,-

■ Vorteile:

- Lebensdauer: **> 20 Jahre.**
- Begrenzung Lade-/Entladezyklen: **keine.**
- Degradation (zyklenbedingte Abnahme der Kapazität): **keine!**
- Wartungsaufwand: **Niedrig (TÜV).**

■ Nachteile

- **Verfügbarer Stellraum**
- Luftbedarf im Zielfenster?
- **Kosten?**

Druckluft aus PV-Strom ?

Kostenrechnung Druckluftspeicherung aus PV-Strom

- PV-Anlage: ca. 4kWp => €6400,- netto inkl. Montage.
- Erhöhung des Eigenverbrauchs mittels zusätzlichem Kleinkompressor 3kW, ~350l/min, mit Umrichtersteuerung
=> ~ €3.600,- netto inkl. Montage, Verrohrung und elektrischer Installation.
- Summe Anlagenkosten: ~ €10.000,-

- Ertrag der PV-Anlage ca. 4000kWh / a, davon können geschätzt mindestens 60% für die Druckluftherzeugung genutzt werden => 2400kWh / a entsprechend einer CO₂-frei erzeugten Druckluftmenge von **1846 m³ / a** ¹⁾, ergibt nach heutigem Stand eine Strom-Kostenersparnis von 2400kWh x €0.21 = **€500,- / a**, zuzüglich der bekannten Ersparnis durch den sonstigen Eigenverbrauch: 880kWh x €0,21 = **€185,- / a**
- **Amortisation im 5-ten Jahr (mit Zusatz-Druckluftspeicher im 14-ten Jahr)**

1) Bei kleinerem oder größerem Luftbedarf muss die Größe der PV-Anlage angepasst und/oder ein Zusatz-Druckbehälter installiert werden.