

Marlene Wagner  
Energietechnik  
03.03.2020  
Betreuer: Christian Doerffel

## Machbarkeitsstudie und Bewertung einer Klima-Kälteanlage unter ausschließlicher Nutzung von elektrischer Energie photovoltaischen Ursprungs

Nr. 611

### Vorstellung des Themas

Im Interesse die Klimatechnik umweltgerechter zu gestalten, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Verwendung von erneuerbarer Energie in Form von elektrischer Energie photovoltaischen Ursprungs für die Klimatisierung. Es wird betrachtet, ob die zeitliche Identität der Sonneneinstrahlung und des Klimatisierungsbedarfs über den Tag, zur autarken Klimatisierung eines Raumes genutzt werden kann und wie sich diese Systeme über den Tag verhalten. Dies soll mit besonderem Hinblick auf die Kopplung von Gleichstrommaschinen mit einer Photovoltaik-Anlage geschehen. In der Nutzung solarer Energie besteht die Chance, die für den Kälteprozess benötigte Elektroenergie nachhaltig und umweltfreundlich bereitzustellen.

### Methode und Systemmodellierung

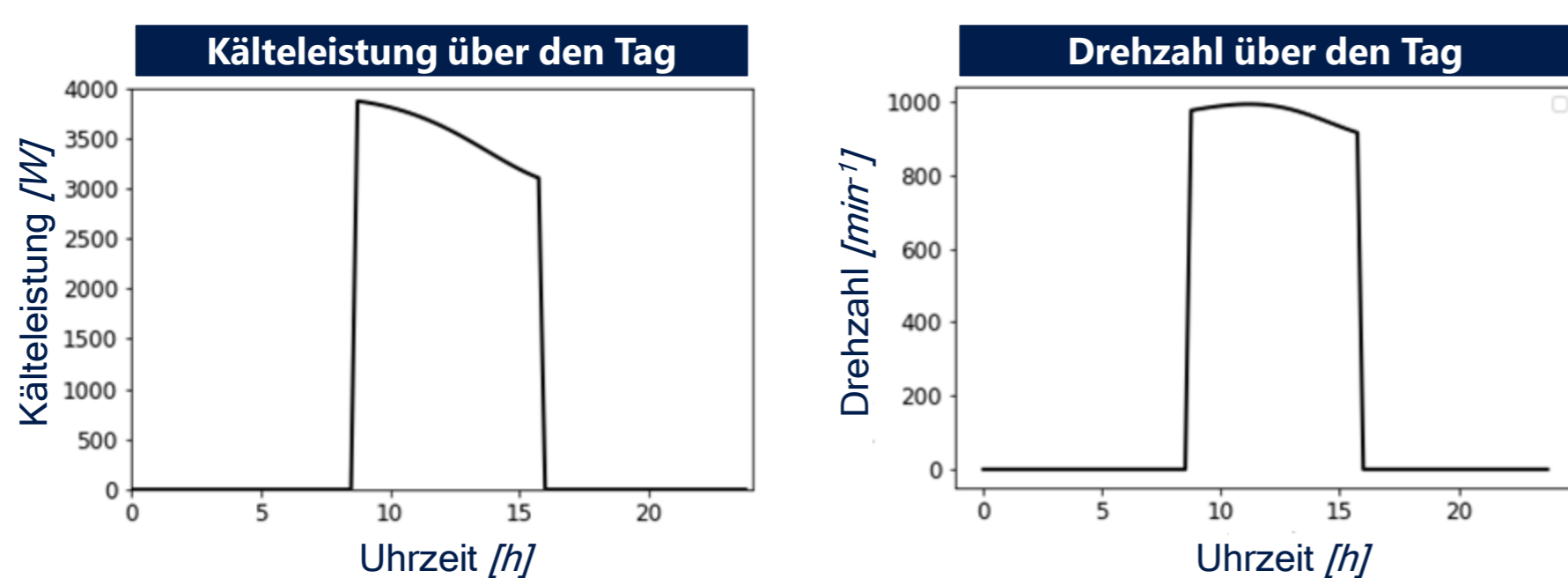
Die Kopplung der Klima-Kälteanlage erfolgt durch eine Photovoltaik-Anlage, die im Inselbetrieb eine Gleichstrommaschine direkt antreibt. Die Gleichspannung wird also direkt von Abnehmern genutzt und Verluste durch Wechselrichtung können in dem Fall umgangen werden.

Es wurden zwei Systeme modelliert. System 1 koppelt einen Gleichstrommotor mit einem offenen Verdichter, die vom Solarstrom betrieben werden. Das System 2 einen Gleichstromverdichter, in dem schon ein Motor integriert ist. In der Prozesskette werden die Betriebspunkte der Komponenten über dem Einstrahlungsverlauf der Sonne bestimmt. Dazu werden die Anlagenkennlinien und -Daten verwendet.

### Ergebnisse der Systeme

Prinzipiell ist der Betrieb beider Systeme möglich. Allerdings unterscheiden sie sich in ihrem Drehzahlverhalten, Kälteleistung und Laufzeit.

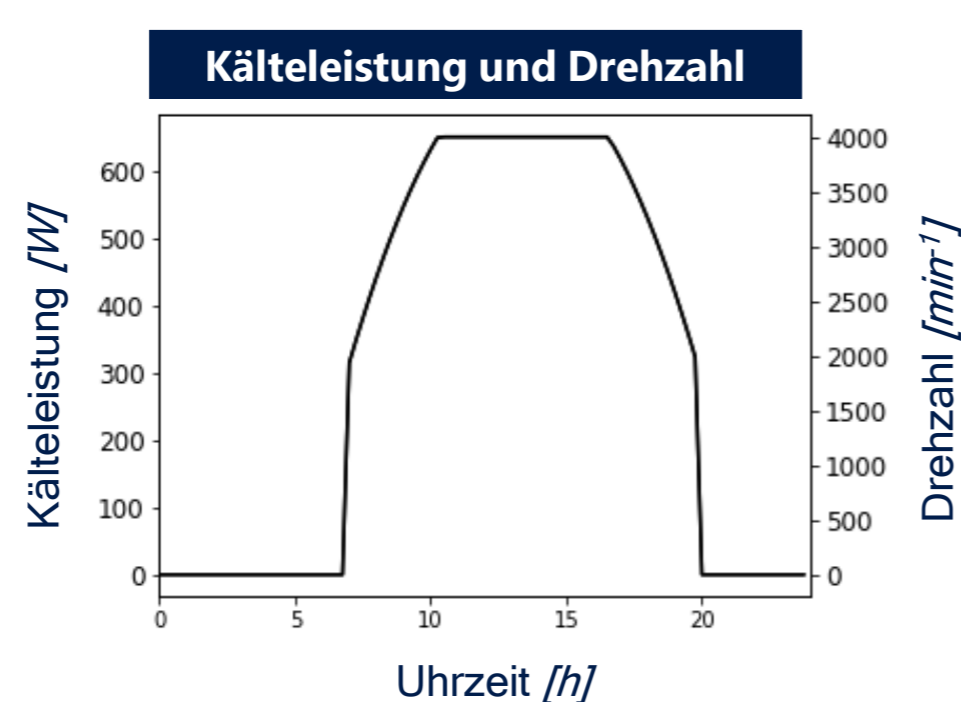
Die folgenden Abbildungen zeigen den Kälteleistungsverlauf und den Drehzahlverlauf des **System 1**.



Eigenschaften des System 1 mit offenem Verdichter und Gleichstrommotor sind:

- Schlechte Drehzahlregelung
- Abnahme der Kälteleistung über den Tag
- Kurze Laufzeit bei hoher Kälteleistung von 3100 bis 3900 Watt

In der folgenden Abbildung wird der Kälteleistungsverlauf und der Drehzahlverlauf des **Systems 2** gezeigt.



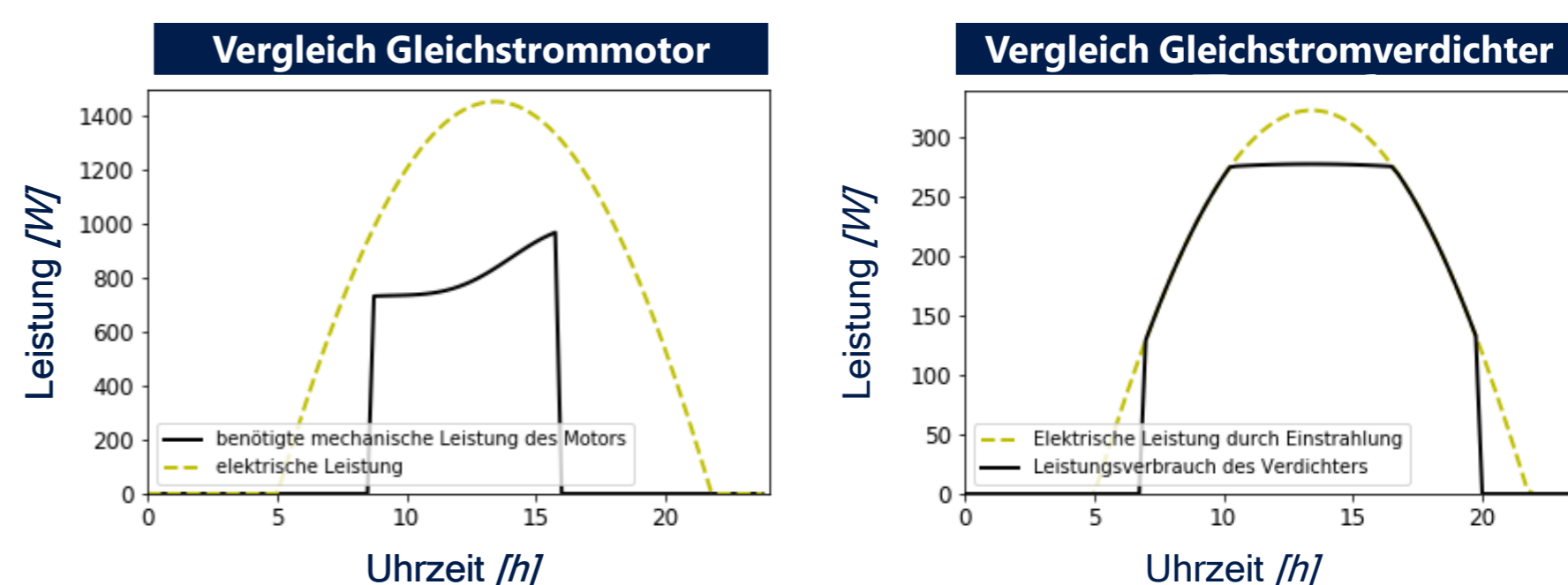
Eigenschaften des **System 2** mit Gleichstromverdichter sind:

- Autarke Drehzahlregelung
- Verlauf der Kälteleistung folgt der Einstrahlungsleistung über den Tag
- Lange Laufzeit bei niedriger Kälteleistung bis 650 Watt

Der Hauptgrund für die auffällig geringere Kälteleistung des System2 liegt darin, dass es nur wenige Gleichstromverdichter auf dem Markt gibt und die Kälteleistung der Geräte geringer ist, als die der üblichen Modelle.

### Energetische Bewertung der Systeme

Das Modell mit dem Gleichstrommotor nutzt aufgrund seiner schlechten Drehzahlregelung nur 15 % der bereitgestellten elektrischen Leistung. Der Gleichstromverdichter kann im Vergleich dazu 67 % der elektrischen Leistung nutzen. Die folgende Abbildungen stellen den Leistungsverbrauch der Maschinen im Vergleich zu der bereitgestellten elektrischen Leistung durch die Sonneneinstrahlung dar.



Um die restliche Leistung auszunutzen, können **Verbesserungen** an den Systemen vorgenommen werden. Alle Verbesserung sollten weiter untersucht werden.

- 1) Zum einen gibt es die Möglichkeit die Drehzahlregelung durch **Regelungselektronik** (wie z.B. einen DC-DC Wandler) zu unterstützen. Gerade bei der Verwendung eines Gleichstrom-Motors kann eine Ertragssteigerung an Kälteleistung und Betriebszeit erzielt werden.
- 2) Des weiteren kann eine **Batterie** die ungenutzte elektrische Leistung speichern und diese nutzen, um den Betrieb der Klimaanlage aufrecht zu erhalten oder für andere Zwecke zu verwenden.
- 3) Sonst ist eine weitere Option ist die **Parallelschaltung der Module** zum bisherigen String. Bei einer Parallelschaltung von PV-Modulen steigt die Stromstärke. Folglich kann die Klima-Kälteanlage eher in Betrieb genommen werden und theoretisch ist eine Klimatisierung über einen längeren Zeitraum möglich.

### Anwendungsfelder und Fazit

Der Inselbetrieb mit Gleichstrommotor und offenem Verdichter bietet sich in Teilen der Welt an, die:

1. Kein ausgebautes Stromnetz aufweisen.
2. Geografisch abgelegen sind mit einer eingeschränkten Infrastruktur.
3. Wenig Fachpersonal für Elektrotechnik haben.
4. Hohe Globalstrahlung und viele Sonnenstunden am Tag aufweisen.

Die Frage, ob sich die solare Klimatisierung lohnt, hängt stark von der Anwendung ab. Generell ist die Anwendung bei außergewöhnlichen Bedingungen dennoch berechtigt, wenn die Ausnutzung der elektrischen Leistungen nicht die erste Priorität ist. Ansonsten sollte auf den Inselbetrieb mit Wechselrichter und Drehstrommaschine zurückgegriffen werden, um die elektrische Leistung besser ausnutzen zu können.