



Copyright Frauscher Motors 09/2023

## Detailbeschreibung über die Betriebsarten:

Für die Ankopplung eines Klimakompressors an die Stirlingmaschine nutzt Frauscher ein im Haus entwickeltes Verfahren, das auf Kupplungen und Wellendurchführungen verzichtet. Dies hat deshalb einen hohen Stellenwert für eine nachhaltige Betriebsweise, da sowohl die Stirlingmaschine als auch ein Verdichtermodule unter hohem Gasdruck stehen, der bei Wellendurchführungen langfristig kaum dicht zu halten ist. Darüber hinaus ist eine verlustarme Übertragung gewährleistet. Obige Grafik zeigt die Funktion und die Energieflüsse in vereinfachter Darstellung. Die angedeuteten Einzelkontakte 1-3 besitzen jeweils 3 Kontakte für die Schaltung einer 3-Phasenwechselspannung.

Bedingung: Der Generator -G- der Stirlingmaschine und der E-Motor des Kompressors -M- sind gleichartige und aufeinander abgestimmte permanentmagneterregte 3-Phasen Synchronmaschinen.



Die möglichen Betriebsmodi sind folgendermaßen darstellbar.:

## **A) Standard-Heizbetrieb**

Der Motor der Wärmepumpe wird über den Motorcontroller und Kontakt 1 aus der Gleichstromschiene betrieben. Die Gleichspannung stammt je nach Betriebszustand aus der Speicherbatterie, der PV-Anlage oder aus dem Netz oder aus Teilen dieser Quellen.

## **B) Start Stirlingmaschine**

Beim Schließen des Kontaktes 2 startet die Stirlingmaschine, nachdem zuvor Brennstoffwärme zugeführt wurde. Der Generator -G- wirkt dabei als Anlassermotor.

## **C) Betrieb Stirlingmaschine**

Nach dem Hochlauf wird die elektrische Generatorleistung über den rückspeisefähigen Motorcontroller in die Gleichstromschiene geleitet und dort bedarfsorientiert zur Batterieladung oder in das Hausnetz geleitet. Kontakte 1 und 3 sind geöffnet.

## **D) Synchronisierung Stirlingmotor - Wärmepumpe**

Kontakt 2 öffnet, Kontakt 1 schließt und bringt den Motor der Wärmepumpe auf eine annähernd gleiche Drehzahl wie der Generator der Stirlingmaschine.

Daraufhin schließt Kontakt 3, der Stirlinggenerator treibt verlustarm direkt den Motor der Wärmepumpe über den 3-Phasen-Link an und vermeidet Verluste über den Umweg einer Gleich- und Wechselrichtung.

## **E) Heizbetrieb durch den Stirlingmotor und Leistungsmodulation**

Hier kann zwischen zwei Varianten gewählt werden, die Heizung hat dabei Betriebsvorrang.

### **Variante 1)**

Die Wärmepumpe wird durch den Stirlingmotor mit voller Drehzahl (Leistung) angetrieben. Sobald die Wärmeanforderung der Heizanlage abschaltet, wird die Verbindung Stirlingmaschine-Wärmepumpe durch Öffnen des Kontaktes 3 getrennt. Gleichzeitig schließt Kontakt 2, der die Generatorleistung in die Gleichstromschiene leitet. Es stellt sich ein Zustand wie unter C) beschrieben ein. Bei Wärmeanforderung werden neuerlich die Zustände D) und E) durchlaufen.

### **Variante 2)**

Da die Stirlingmaschine ein konstantes Drehmoment abgibt, lässt sich die Leistung der Wärmepumpe über eine Drehzahlsteuerung – ausgehend von der Drosselstellung des Entspannungsventiles – regeln. Eine verringerte Drehzahl führt automatisch zu weniger Brennstoffbedarf, da die innere Wärmeabnahme der Stirlingmaschine sinkt. Die Brennstoffzufuhr für den Brenner der Stirlingmaschine wird automatisch angepasst. Dieser Betriebsmodus wird vorteilhaft im Heizbetrieb bei tiefen Außentemperaturen gewählt, da ein bestmöglicher Wirkungsgrad der Heizanlage erreicht wird.

In Heizpausen übernimmt der Stirlinggenerator wieder die Batterieladung, indem er den 3-Phasenlink (Kontakt 3) trennt und Kontakt 2 verbindet. Es stellt sich ein Zustand wie unter C) beschrieben ein.

## **F) Fehlende Netzversorgung - Stromausfall**

In dieser Phase hat die elektrische Versorgung Priorität. Die Stirlingmaschine wird – sofern sie nicht ohnedies in Betrieb ist – wie unter B) beschrieben gestartet und arbeitet in Folge wie unter C) beschrieben. Die Kühlwärme wird dabei gänzlich für den Heizkreislauf verwendet, um ein Einfrieren der Gebäudeinstallation zu vermeiden. Sollte keine Heizanforderung vorliegen, wird die Kühlwärme an das Brauchwasser oder an die Außenumgebung abgeleitet. Sollte die Batterie aufgeladen sein, kann die Wärmepumpe wie unter E) beschrieben starten oder die elektrische Überschussleistung wird über einen E-Heizstab an das Heizsystem oder Brauchwasser abgegeben. Vorteilhaft kann dabei eine PWM-Steuerung zum Einsatz kommen, wodurch eine kontrollierte Laderegulierung der Batterie gewährleistet ist.