

## Inbetriebnahme- und Betriebsanleitung

Stirling Generator Type Gen70-00-100-00  
Experimental Edition I  
alphagamma® Technologie

[www.frauscher-motors.com](http://www.frauscher-motors.com)

Datei: BA\_Gen70\_ExEdl\_dt.pdf  
Version 3, Datum: 26.08.2023

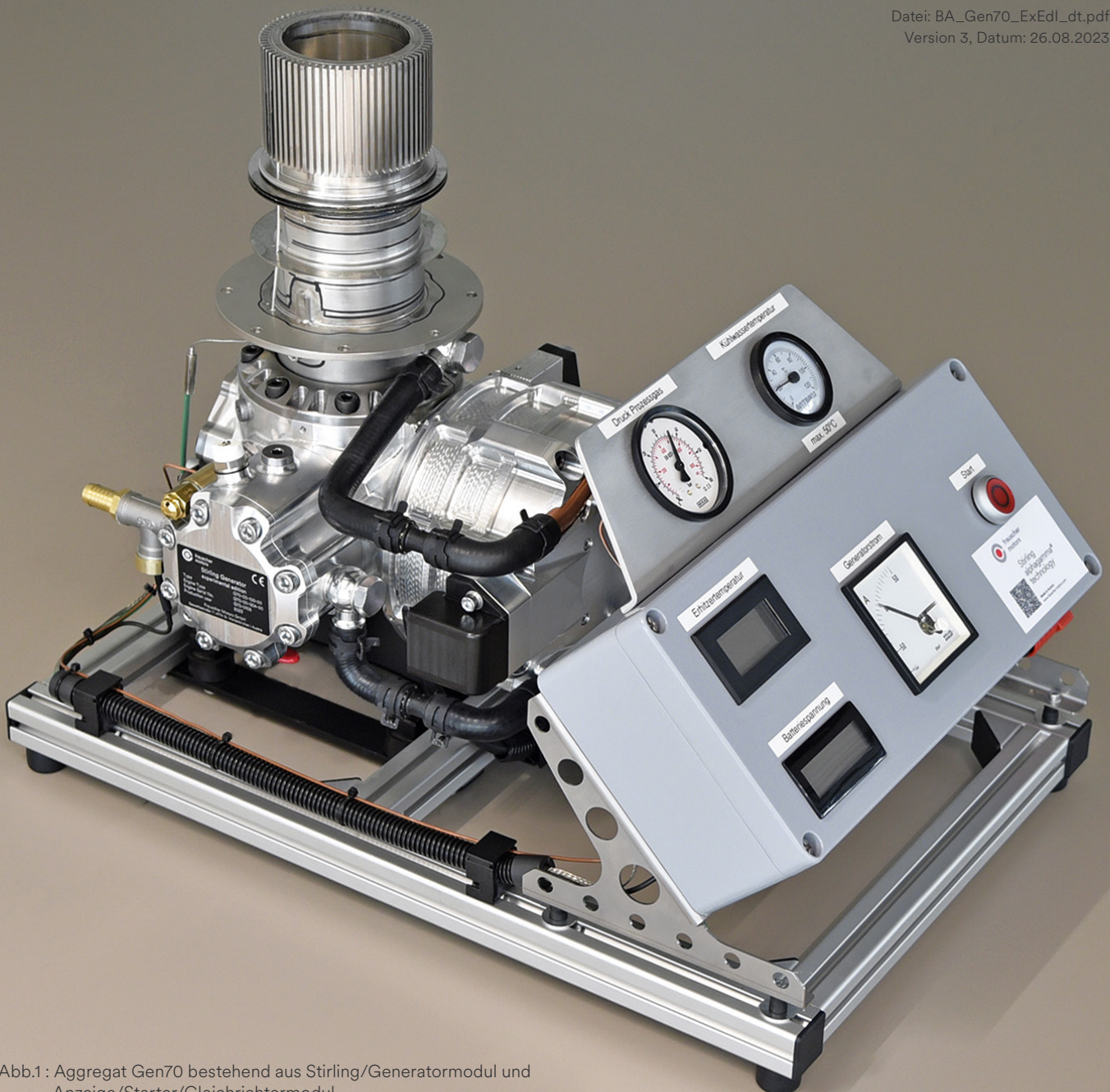


Abb.1: Aggregat Gen70 bestehend aus Stirling/Generatormodul und Anzeige/Starter/Gleichrichtermodul

Vorwort:

Wir gratulieren Ihnen zum Erwerb eines weltweit neuen Produktes auf dem Sektor Stirlingmotoren. Es ist das Ergebnis einer mehr als 20-jährigen Forschung, was wir nach vielen tausend Betriebsstunden auf unseren Prüfständen für den Markt freigegeben haben. Wartungsfreie Dauerlauffähigkeit ohne aufwändige Ölschmierung ist dabei nur eine von mehreren bemerkenswerten Eigenschaften. Das leise Betriebsgeräusch und der für diese Leistungsklasse hervorragende Wirkungsgrad unterstreichen die Einzigartigkeit dieser Innovation. Darüber hinaus bietet die weitgehende Freiheit bei der Wahl der Wärmequelle auch die Möglichkeit der Nutzung regenerativer Brennstoffe. Da die Verbrennung unter atmosphärischen Bedingungen stattfindet, können Abgaswerte erzielt werden, die sich im positiven Sinne stark von jenen der Motoren mit innerer Verbrennung abheben.

Die Produktreihe **Experimental Edition** haben wir entwickelt, um einen Wissensaufbau in der Stirlingmotortechnik und dessen energietechnische Anwendung zu unterstützen. Wir wollen sowohl forschenden Unternehmen als auch Schulen und Universitäten ein hochverfügbares Kleinaggregat zur Verfügung stellen, das zahlreiche Experimente und Weiterentwicklungen zulässt. Beginnend vom einfachen Aufbau der Grundausstattung kann das Zusammenspiel der Größen Prozessdruck, Erhitzertemperatur, Kühlwassertemperatur, Generatorleistung und Wirkungsgrad experimentell ermittelt und analysiert werden. Wir haben eine bewährte Maschine gewählt, die Dauerleistungen von mehr als 1 Kilowatt abgeben kann. Das sollte einen Anreiz schaffen, funktionelle Ergänzungen zu entwickeln, beispielsweise Wärme konzentriert in den Erhitzerkopf einzubringen. Damit ist die Basis für ein leistungsfähiges Micro BHKW geschaffen.

Aus Transport-Sicherheitsgründen ist das Aggregat im Lieferzustand nur mit einem Teildruck aufgeladen. Die Höhe des Prozessdruckes bestimmt die Wärmeaufnahme am Erhitzerkopf und einhergehend die elektrische Ausgangsleistung. Nach einigen Versuchen wird der Anwender jenen Betriebspunkt finden, bei dem die Maschine die höchste Ausgangsleistung bzw. den höchsten Wirkungsgrad abgibt. An dieser Stelle möchten wir festhalten, dass wir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stehen und unser größtes Interesse darin besteht, dass Sie eine zufriedenstellende Betriebsweise finden.

Lesen Sie bitte vor der Inbetriebnahme diese Betriebsanleitung. Beachten Sie bitte unbedingt die Sicherheitsvorschriften. Der Umgang mit Abgasen, heißen Brenngasen, hohen Gasdrücken und glühenden Oberflächen erfordert Sorgfalt und einschlägiges Fachwissen.

Wir bedanken uns für das Vertrauen. Falls Sie tieferegreifende Informationen über unsere Motoren und insbesondere über die **alphagamma® Technologie** einholen möchten, verweisen wir auf unseren Internetauftritt [www.frauscher-motors.com](http://www.frauscher-motors.com)

Viel Erfolg bei Ihren Experimenten wünscht Ihnen

Josef Frauscher und sein Team

## Inhaltsverzeichnis:

Inhaltverzeichnis, Meßdaten	Seite 3
Sicherheitshinweise und -vorkehrungen	Seite 4
Harmonisierungsangaben	Seite 5
Typenschild – Typenschlüssel	Seite 5
Zusammenfassende Angaben	Seite 6
Begriffsbestimmung und Teilebezeichnung	Seite 6
Inbetriebnahme Vorbereitung	Seite 7
Inbetriebnahme	Seite 9
Maßnahmen für einen sicheren Betrieb	Seite 10
Erhöhung der Leistung	Seite 10

## Messdaten am Prüfstand mit Flüssiggasbrenner

Bezeichnung	Wert	Einheit	Anmerkung
<b>Motor</b>			
Prozessgas			Helium
Obere Prozessgastemperatur	652	Grad C	
Mittlerer Prozessdruck	57	bar	
Hubvolumen	70	cm <sup>3</sup>	Expansionsvolumen
Zylinder-Phasenwinkel	90	Grad	
Nennleistung	1,46	kW	an der Kurbelwelle
bei Drehzahl	1970	1/min	
Kühlleistung	2,95	kW	
Kühlwassertemperatur	30,6	Grad C	Bereich bis 50 Grad C
Kühlwassermenge	0,39	m <sup>3</sup> /h	Bereich 0,3 – 0,5 m <sup>3</sup> /h
Motorwirkungsgrad	31	%	Mech.Leistung : Wärmeeintrag
<b>Generator</b>			
Aufbau	Drehstrom		PM-erregte Vielpolmaschine
elektrische Leistung	1,24	kW	bei 27,45 Volt ab Gleichrichter
<b>Brenner</b>			
Art			mündungsmischender Gasbrenner
Leistung	5,17	kW	unterer Heizwert, Hu
Brennstoff			Erdgas, Propangas, CNG, LNG
Gasdruck	50	mbar	Propane
Luftmasse	17,4	kg/h	
Gebläsedruck	30	mbar	
Abgastemperatur	217	Grad C	bei 25 Grad Umgebungstemperatur
Abgaswert O <sub>2</sub>	8,0	%	
Abgaswert CO	1,8	g/kWh	mit Propane, O <sub>2</sub> = 5,3%
Abgaswert NO <sub>x</sub>	1,3	g/kWh	Mit Propane, O <sub>2</sub> = 5,3%
<b>Aggregat</b>			
Type/Seriennummer			Gen70 Nr. #101
Elektrischer Gesamtwirkungsgrad	24	%	Gleichstromleistung : unterer Heizwert Propangas

Tabelle 1: Messdaten vom 09.08.2022 10:15, Prüfer Dipl. Ing. Jürgen Brandt

## Sicherheitsvorkehrungen:



Der Stirlinggenerator Type Gen70-00-100-00 wurde ausschließlich für Experimentierzwecke und insofern für einen beaufsichtigten Betrieb entwickelt. Die Anzeigeelemente auf dem Starter/Gleichrichtermodul zeigen die physikalischen Werte an. Achten Sie bitte darauf, dass die in der folgenden Anleitung erwähnten Grenzwerte nicht überschritten werden.



Der Stirlinggenerator wird bei Auslieferung mit Arbeitsgas (Helium) ca. 20 bar gefüllt, dieser Druck darf bis max. 50 bar aufgefüllt werden. Obwohl die druckführenden Elemente (Gehäuse etc.) für mehrfache Sicherheit berechnet und geprüft wurden, sind folgende Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten: Sorgen Sie für eine gute Belüftung, falls Sie das Aggregat in einem Raum aufstellen. Stellen Sie das Aggregat auf einem festen Untergrund auf und tragen Sie Vorkehrungen, dass es nicht abstürzen kann oder durch eine andere Ursache beschädigt werden kann. Sollte Helium beim Füllvorgang oder durch unsachgemäße Bedienung oder Beschädigung austreten, verlassen Sie und ggfs. weitere anwesende Personen umgehend den Raum und warten Sie, bis der Raum wieder gut durchlüftet ist. Obwohl Helium nicht giftig ist, kann es den Luftsauerstoff zum Atmen verdrängen. Helium ist leichter als Luft und steigt daher auf und kann durch die Lüftung entsorgt werden.



Der Stirlinggenerator und die Steuerungselemente werden mit Kleinspannung betrieben und sind insofern ungefährlich, sollte es zu einer Berührung von spannungsführenden Teilen kommen. Allerdings erfordert das Aggregat eine Batterieversorgung, weshalb die Sicherheitsvorschriften des Batterieherstellers zu beachten sind. Insbesondere sind die Ladevorschriften einzuhalten und ein etwaiger Gasaustritt oder eine sonstige Beschädigung bei Überladung der Batterien ist zu berücksichtigen. Für ausreichende Belüftung des Raumes ist zu sorgen.



Der Stirlinggenerator ist ohne Wärmerzeugungseinrichtung ausgestattet. Die Zufuhr und Einbringung der Wärme obliegt gemäß dem Liefervertrag dem Kunden bzw. Anwender. Sollte eine Brennereinrichtung als Wärmequelle angewandt werden, so hat der Kunde dafür Sorge zu tragen, dass nur ein befugtes Unternehmen und ausgebildetes Personal mit der Brennereinrichtung hantiert. Insbesondere ist zu beachten, dass Abgase entsprechend ins Freie geführt werden und nicht von Personen eingeatmet werden können. Regionale Sicherheitsvorschriften bei Umgang mit brennbaren Gasen sind einzuhalten.

## Harmonisierungsangaben

Der Stirlinggenerator Type Gen70-00-100-00 Experimental Edition erfüllt folgende einschlägige Harmonisierungsvorschriften der Europäischen Union:

- |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| - EN60204          | Sicherheit von Maschinen |
| - 2006/42/EG       | Maschinenrichtlinie      |
| - 204/68/EU        | Druckgeräterichtlinie    |
| - <u>IEC</u> 61140 | Kleinspannungsrichtlinie |

Darauf basierend erfolgte eine CE-Kennzeichnung des Aggregates. Diese Betriebsanleitung ist integrierender Bestandteil der Konformitätserklärung.



Bild 2: Typenschild des Stirlingaggregates

## Begriffserklärung:

Type:	Typenbezeichnung des gesamten Aggregates
Engine Type:	Typenbezeichnung des Stirlingmotors
Engine Serial No.:	Seriennummer des Stirlingmotors

## Zusammenfassende Angaben:

Der Stirlinggenerator Gen70-00-100-00 besteht aus dem Stirlingmotor mit eingebautem Synchrongenerator sowie aus einem Starter/Gleichrichtermodul. Das Aggregat erzeugt einen Ladestrom für eine 24 Volt Batterie, die auch zum Starten des Aggregates herangezogen wird. Empfohlen wird ein Batterieset aus 2x12 Volt Fahrzeug-Bleibatterien, Kapazitätsbereich min 75 Ah bis max. 225 Ah. Die Batterien dienen darüber hinaus zur Drehzahlbegrenzung des Aggregates, sodass ein Betrieb ohne Batterieset nicht möglich ist.

Das Stirlingaggregat ist im Lieferzustand mit ca. 20 bar Helium gefüllt. In diesem Zustand wird sich die Ladeleistung bei ca. 10-15 Ampere einstellen, sobald der Erhitzerwärmetauscher seine Nenntemperatur von 650 Grad C erreicht hat.

Fortgeschrittene Anwender können den Ladedruck im kalten Zustand des Aggregates bis auf 50 bar erhöhen. Dabei steigt die Ladeleistung auf ca. 40 Ampere. In diesem Zustand entzieht das Prozessgas im Inneren der Maschine eine erhebliche Wärmemenge aus dem Erhitzerkopf, sodass es eine Herausforderung sein kann, die entsprechenden Nenntemperatur von 650 Grad durch die zugeführte Wärme zu halten. Frauscher Motors nutzt dazu eigens entwickelte mündungsmischende Gasbrenner, die mit vom Abgas vorgewärmte Verbrennungsluft versorgt werden.

## Begriffsbestimmungen und Teilebezeichnung:

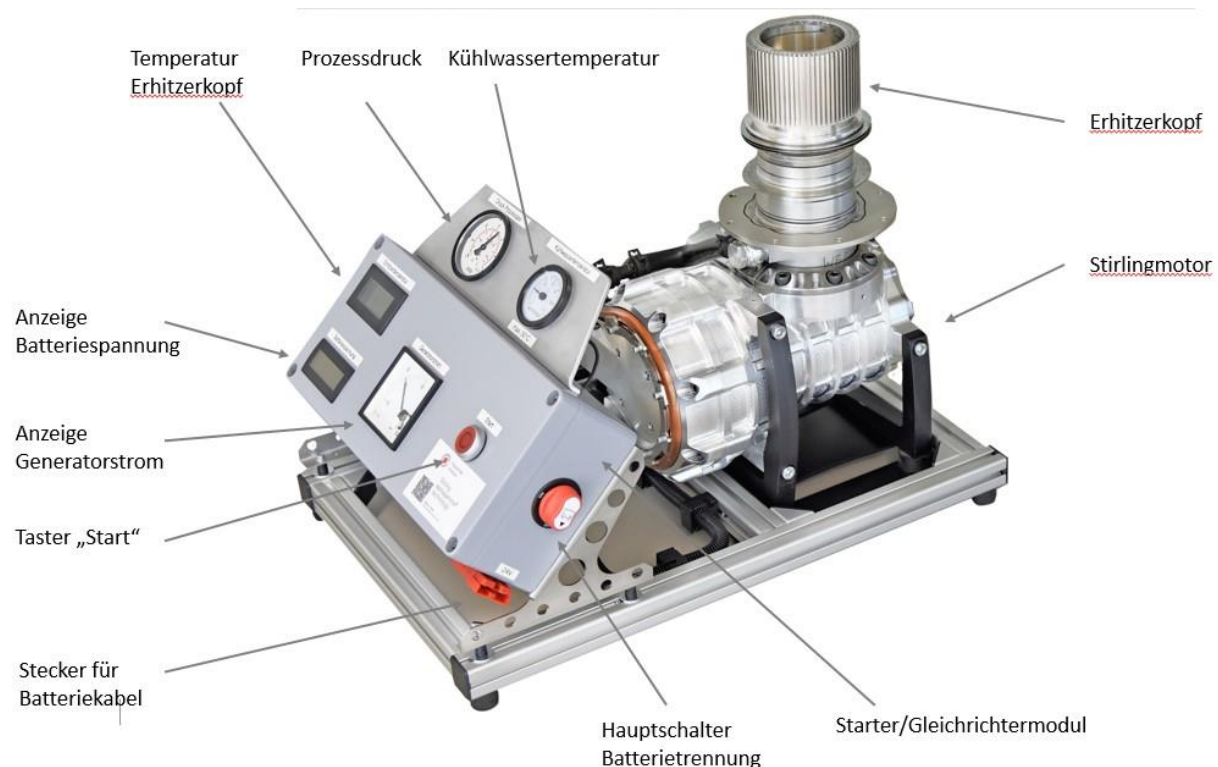


Bild 3: Begriffsbestimmungen und Teilebezeichnung des Stirlinggenerators

## Inbetriebnahme Vorbereitung:

Stellen Sie die Maschine in einem frostsicheren Bereich auf einen stabilen Tisch

Kühlwasser einfüllen und entlüften (dazu Bild 4)

- Schließen Sie den Kühlwasserkreislauf an. Verwenden Sie druckfeste und wärmebeständige Gewebesläuche am Zu- und Ablauf der Maschine
- Achten Sie auf festen Sitz der Schlauchanschlüsse mittels entsprechender Schlauchschellen
- Achten Sie auf die Flussrichtung Zulauf - Ablauf
- Verwenden Sie aufbereitetes Wasser mit Korrosionsschutz. Verwenden Sie reines Leitungswasser nur für kurze Zeit
- Falls es sich um einen geschlossenen Kreislauf handelt, verwenden Sie ein entsprechendes Druckausgleichsgefäß, stellen Sie etwa 1-2 bar Druck ein
- Bei einem offenen Kreislauf (z.B. Anschluss an Leitungswasser) sorgen Sie für einen Gegendruck von ca. 1-2 bar, beispielsweise durch eine Drosselstelle im Ablaufbereich
- Sorgen Sie für einen Kühlwasserfluss mittels Umwälzpumpe oder Öffnen des Wasserhahnes
- Entlüften Sie die Maschine mehrmals an den Entlüftungsventilen 1 und 2, während der Kühlwasserkreislauf unter einem Druck von 1-2 bar aktiv ist.

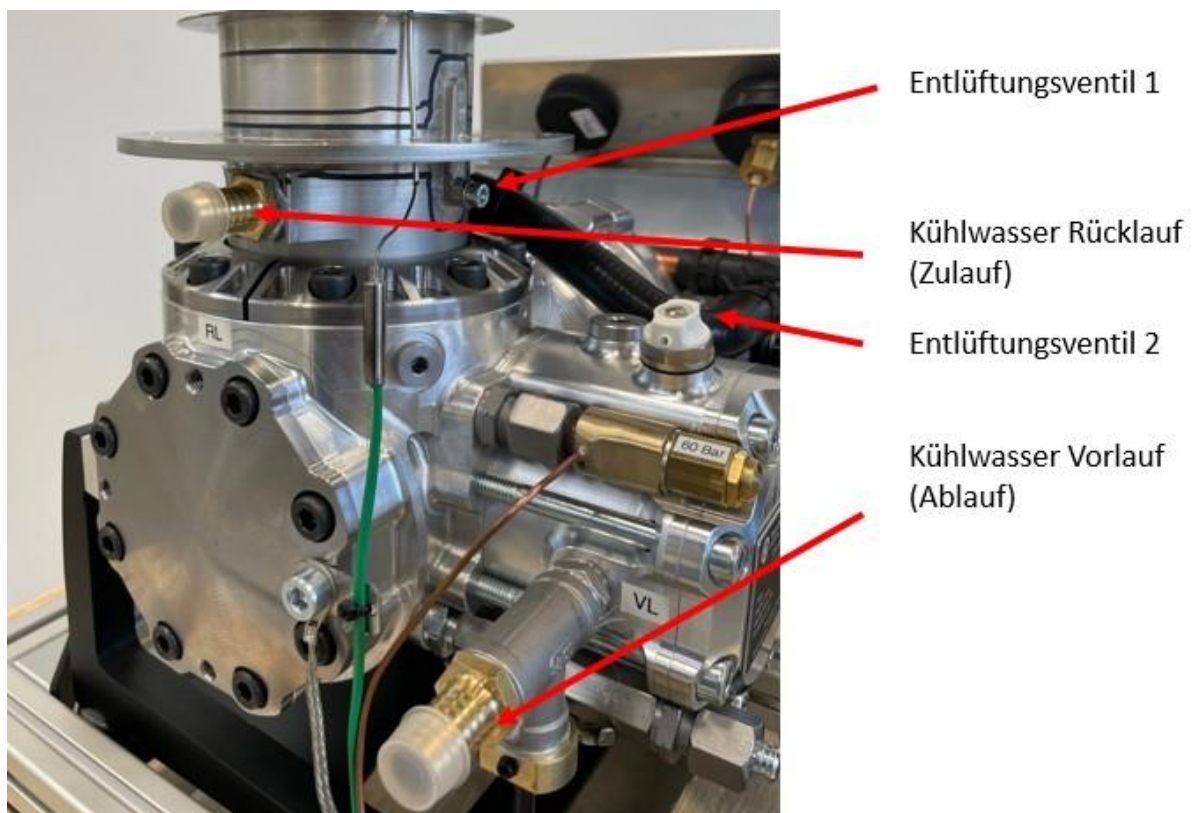


Bild 4: Kühlwasseranschlüsse und Entlüftungsventile

Elektrischer Anschluss (dazu Bild 5):

- Verwenden Sie zwei handelsübliche Bleibatterien je 12 Volt beispielsweise aus dem Automobil- oder LKW Bereich
- Wir empfehlen eine Kapazität von 75 - 225 Ah je nach Anwendung und Speicherbedarf
- Schalten Sie die die beiden Batterien in Reihe zur Herstellung einer Spannung von 24 Volt
- Stellen Sie den Hauptschalter auf „AUS“. Das entspricht der Stellung wie in Bild 5 abgebildet.
- Klemmen Sie das mitgelieferte Batteriekabel an die Batteriepole an, achten Sie auf die Polarität: rote Ader mit Sicherung = Pluspol, schwarze Ader = Minuspol
- Verbinden Sie das Kabel mit der Steckvorrichtung am Starter/Gleichrichtermodul
- Betätigen Sie den Hauptschalter durch Drehen. Kontrollieren Sie ob die Kontrollleuchte am Taster „Start“ leuchtet. Die Steuerung ist betriebsbereit
- Wenn Sie das Aggregat nicht betreiben, trennen Sie die Steuerung wieder von der Batterie durch Drehen des Hauptschalters in die Ausgangsstellung. Damit wird verhindert, dass sich die Batterie langfristig entlädt.

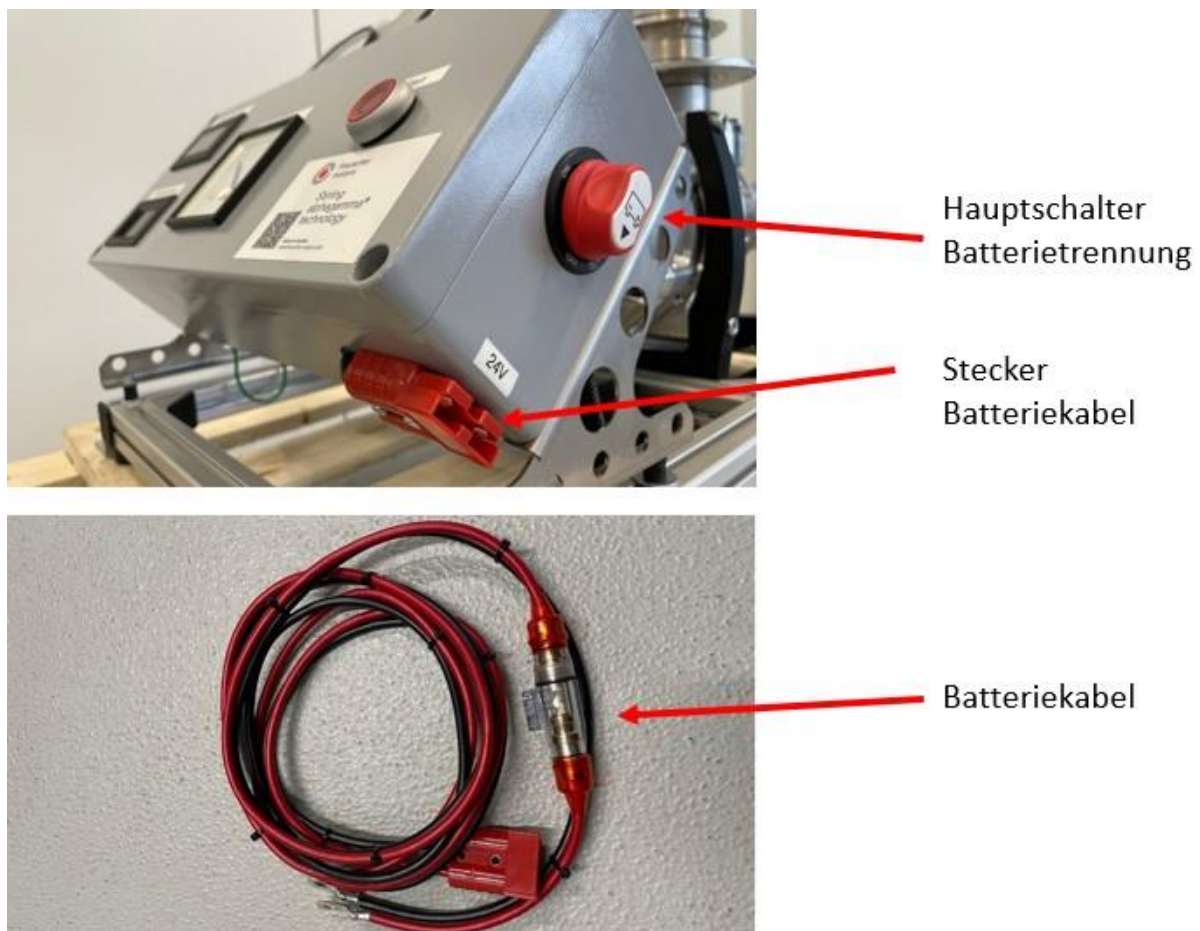


Bild 5: Starter/Gleichrichter Modul mit Batteriekabel



## Inbetriebnahme (dazu Bild 6):

- Aktivieren sie zuerst den Kühlwasserkreislauf und kontrollieren Sie den Durchfluss. Die Durchflussmenge kann je nach Motorleistung zwischen 0,3 und 0,5 m<sup>3</sup>/h eingestellt sein.
- Schalten Sie den Hauptschalter ein. Neben der Kontrollleuchte am Taster „Start“ zeigen die Digitalanzeigen „Batteriespannung“ und „Erhitzertemperatur“ die aktuellen Werte an.
- An den Analoganzeigen „Druck Prozessgas“ und „Kühlwassertemperatur“ können Sie ebenfalls die aktuellen Werte ablesen.
- Aus sicherheitstechnischen Gründen ist Prozessgasdruck im Lieferzustand auf etwa 15-20 bar eingestellt. Es ist empfehlenswert, die ersten Tests mit diesem Druck durchzuführen. Höhere Drücke bedingen eine hochkonzentrierte Übertragung von Wärme auf den Erhitzer-Wärmetauscher, die womöglich erst im Laufe der Experimente schrittweise erzielt werden kann.
- Achten Sie darauf, dass keine Wärme unterhalb der Abschirmbleche zugeführt wird (siehe Bild) Sollte dies nicht vermeidbar sein, bringen Sie ein Trennblech und/oder eine Wärmeisolierung unterhalb der Abschirmbleche an.
- Führen Sie die Wärme zu und achten Sie auf eine möglichst gleichmäßige Erwärmung im Bereich der Rippenoberfläche. Zusätzlich kann im Inneren Bereich des Wärmetauschers Wärme zugeführt werden.
- Sobald die Erhitzertemperatur 400 Grad C überschritten hat, drücken Sie den Taster „Start“ solange, bis ein gleichmäßig ruhiger Lauf eintritt. Wiederholen Sie den Vorgang, wenn die Maschine nach Loslassen des Tasters zum Stillstand kommt.
- Erwärmen Sie den Erhitzer-Wärmetauscher weiter bis etwa 650 Grad C. Dabei müsste das Amperemeter „Generatorstrom“ etwa 10 - 15 Ampere Ladestrom anzeigen.

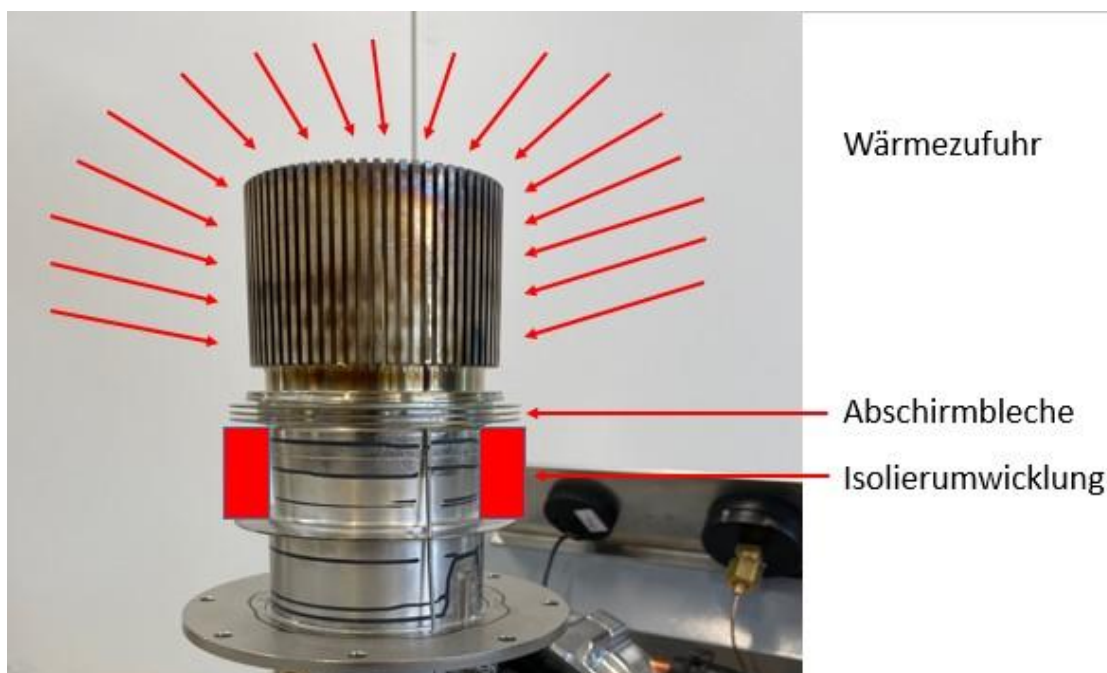


Bild 6: Grenzen der Wärmezufuhr

## Maßnahmen für den sicheren Betrieb:

- Stellen Sie stets sicher, dass der Kühlwasserkreislauf funktioniert und dass die Kühlwassertemperatur 50 Grad C nicht überschreitet
- Stellen Sie sicher, dass die Batteriespannung 28,8 Volt nicht überschreitet. Belasten Sie die Batterie mit einer Last (z.B. Wechselrichter 24/230 Volt) um die Spannung im Bereich 24 ... 26 Volt zu halten.
- Trennen Sie keinesfalls während des Ladebetriebes die Batterie vom Starter/Gleichrichtermodul. Die Folge wäre ein Anstieg der Motordrehzahl einhergehend mit einer Erhöhung der Generatorspannung, die zu Schäden in der Elektrik führen kann.
- Achten Sie darauf, dass die Temperatur am Erhitzerkopf den Wert von 700 Grad C nicht übersteigt

## Erhöhung der Leistung

Die abgegebene elektrische Leistung bzw. der Ladestrom steht im direkten Zusammenhang mit dem mittleren Prozessdruck. Bei Erhöhung des Prozessdruckes nimmt das Prozessgas im Inneren des Erhitzerkopfes mehr Wärmeenergie ab. Dies bedingt, dass mehr Wärme an der Außenseite des Erhitzerkopfes zugeführt werden muß, um die Solltemperatur von 650 Grad C halten zu können.

## Erhöhung des mittleren Prozessdruckes (dazu Bild 7 und 8)

Der mittlere Prozessdruck entspricht dem Druck im Kurbelgehäuse der Maschine. Um den Druck erhöhen zu können, steht ein Anschluss mit einer Absperrung durch einen Kugelhahn zur Verfügung. An diesem kann Helium eingefüllt oder abgelassen werden. Gehen Sie dabei unbedingt wie folgt vor:

- Änderungen des Prozessdruckes sollen nur bei stillstehender und kalter Maschine durchgeführt werden. Denken Sie daran, dass der Druck bei warmer Maschine ansteigt.
- Sorgen Sie für einen gut belüfteten Raum. Denken sie daran, dass etwas Helium austreten kann.
- Verwenden Sie handelsübliches Helium aus Hochdruckflaschen. Frauscher bietet dazu ein Set bestehend aus einer 5 L Hockdruckflasche, einem Druckminderer und einen Füllschlauch an (Siehe Bild 7)
- Stellen Sie sicher, dass der Druckminderer auf minimalen Sekundärdruck eingestellt ist, drehen Sie dazu die Einstellschraube des Druckminderers nach links auf Anschlag.
- Verbinden Sie den Füllschlauch mit dem Anschluss am Druckminderer und ziehen Sie die Überwurfmutter fest.
- Entfernen Sie den Verschlussstopfen am Anschluss des Kugelhahnes der Maschine. Schrauben Sie **mit Hand** die Überwurfmutter des Verbindungsschlauches an den Kugelhahn. Ziehen Sie die Mutter **nicht** fest, so dass Helium austreten kann.
- Öffnen Sie vorsichtig das Flaschenventil und erhöhen Sie anschließend geringfügig den Druck am Druckminderer auf durch Rechtsdrehen der Einstellschraube. Damit spülen Sie den Schlauch mit Helium, das an der Anschlussstelle am Kugelhahn austritt. Ziehen

Sie nach ca. 5-6 sec die Überwurfmutter am Kugelhahn fest, worauf das Sekundärdruck-Manometer am Druckminderer den tatsächlich eingestellten Druck anzeigt.

- Erhöhen Sie den Druck an der Einstellschraube des Druckminderer auf den gewünschten Wert, jedoch nicht über 50 bar.
- Nun öffnen Sie vorsichtig den Kugelhahn an der Maschine und füllen Sie die Maschine mit dem voreingestellten Druck.
- Schließen Sie die Ventile in folgender Reihenfolge:  
1) Kugelhahn an der Maschine 2) Flaschenventil.
- Trennen Sie den Verbindungsschlauch vom Kugelhahn erst dann, wenn Sie keine weiteren Druckveränderungen mehr beabsichtigen.

### Verminderung des mittleren Prozessdruckes (dazu Bild 8):

- Entfernen Sie den Verschlussstopfen oder die Überwurfmutter des angeschlossenen Schlauches am Kugelhahn.
- Öffnen Sie vorsichtig den Kugelhahn und lassen Sie den Druck ab auf den gewünschten Wert, der an der Steuerung angezeigt wird.
- Schließen Sie den Kugelhahn und verschließen Sie die Öffnung wieder mit dem Verschlussstopfen.

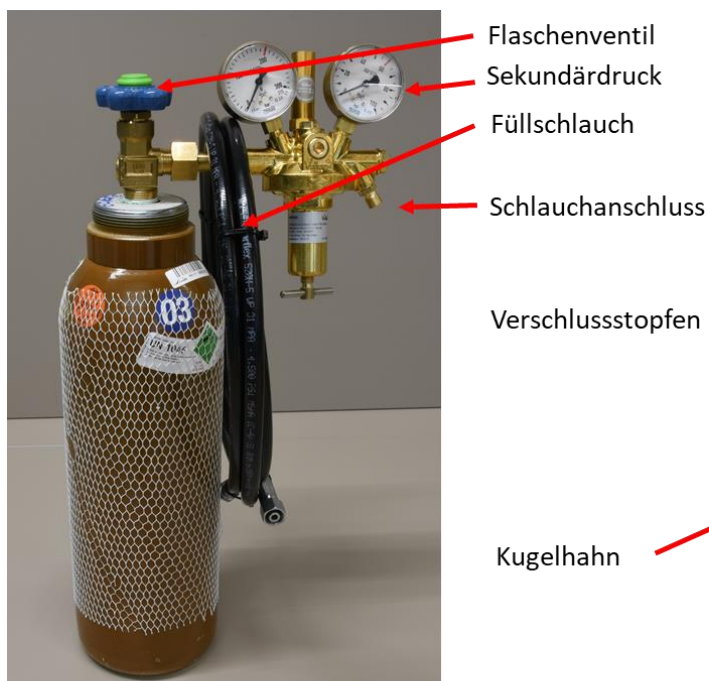


Bild 7: Helium Füllset

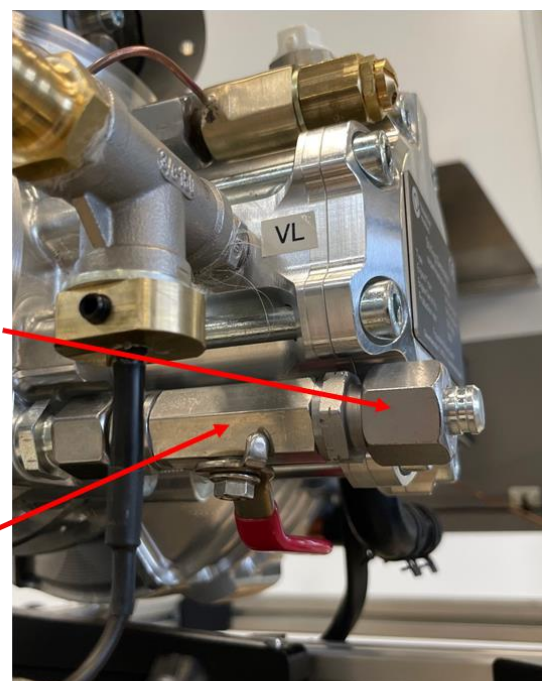


Bild 8: Füllanschluss