



ElectraTherm ORC-Leitfaden
Serie 4000 Green Machine

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Was ist ein ORC?	3
Der ElectraTherm ORC ist eine Wärmekraftmaschine.....	4
Die ElectraTherm ORC-Komponenten	5
Wärmequellen	8
Wasserqualitätsanforderungen für Wärme- und Kältequellen für die Green Machine.....	9
Anschluss verschiedener Wärmequellen an eine Green Machine von ElectraTherm.....	10
Kühlen/Kondensierende Quellen.....	16
Die Leistung der Green Machine ORC betreffenden Elemente	20
Berechnung der verfügbaren Wärmeleistung	27
Kühlen von Stromerzeugungsanwendungen mithilfe der Green Machine von ElectraTherm.....	29
Green Machine Steuerungen und Fernüberwachung	29
Asynchrongenerator F&A.....	30
Wirkungsgrad Green Machine	32

Was ist ein ORC?

Der Organic Rankine Cycle (ORC) ist ein thermodynamischer Zyklus, der eine organische Flüssigkeit nutzt, um Wärme mit niedriger Temperatur in mechanische Arbeit umzuwandeln. Diese mechanische Arbeit kann anschließend in elektrischen Strom umgewandelt werden. Ein thermodynamischer ORC-Prozess kann Wärme mithilfe einer organischen Flüssigkeit mit einem Siedepunkt unterhalb von Wasser übertragen. Der ORC-Prozess der ElectraTherm Green Machine wird in Abbildung 1 dargestellt.

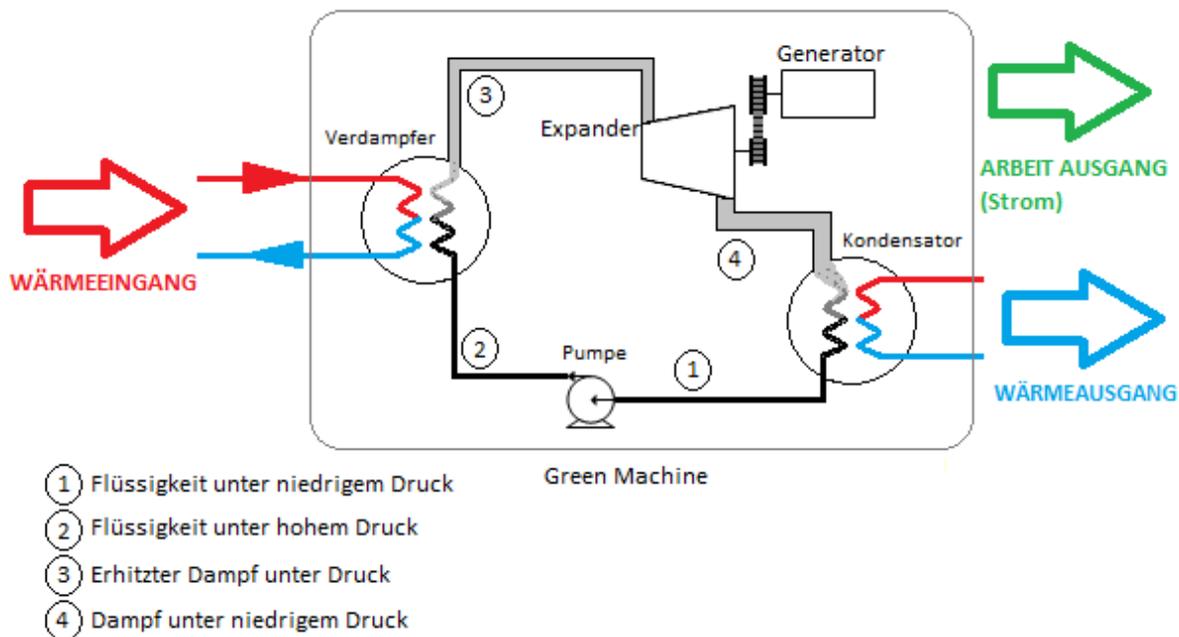


Abbildung 1: ElectraTherm ORC

- ① – ② Das Arbeitsmedium mit niedrigem Druck und niedriger Temperatur wird mithilfe einer Pumpe in den Eingang des Verdampfers (Wärmetauscher) gedrückt.
- ② – ③ Die Wärme wird vom Wärmetauscher in das Arbeitsmedium (fühlbare Wärme) übertragen, wodurch die Temperatur ansteigt, bis die Flüssigkeit verdampft. Nach dem Verdampfen wird dem Dampf weiterhin Wärme (latente Wärme) zugeführt, ohne dass sich die Temperatur ändert. Der unter hohem Druck stehende, erhitzte Dampf verlässt den Verdampfer und gelangt in einen Expander.
- ③ – ④ Der unter hohem Druck stehende Dampf treibt einen Doppelschneckenexpander an, wodurch der Druck und die Temperatur des Dampfes verringert werden. Der rotierende Doppelschneckenexpander ist mit einem Generator verbunden, der die bereitgestellte mechanische Arbeit in elektrischen Strom umwandelt. Der unter hohem Druck stehende Dampf verlässt den Expander als kühlerer, unter niedrigem Druck stehender Dampf.
- ④ – ① Dieser unter niedrigem Druck stehende Dampf tritt in den Kondensator ein, wo die Wärme vom Dampf in eine Kältequelle übertragen wird. Nachdem die Wärme aus dem Dampf entfernt wurde, kondensiert dieser wieder zu einer unter niedrigem Druck stehende Flüssigkeit und der Prozess beginnt von Neuem.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/gef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Der ElectraTherm ORC ist eine Wärmekraftmaschine

Die ElectraTherm Green Machine ist eine Wärmekraftmaschine. Wärmekraftmaschinen nutzen den Organic Rankine Cycle, um Wärmeenergie in mechanische Arbeit für die Erzeugung von elektrischem Strom umzuwandeln. Die Green Machine nutzt Abwärme (in Form von flüssigem Wasser) und bewegt sie von einer heißen Quelle zu einer kalten Senke, wobei wie in Abbildung 2 dargestellt, mechanische Energie erzeugt wird.

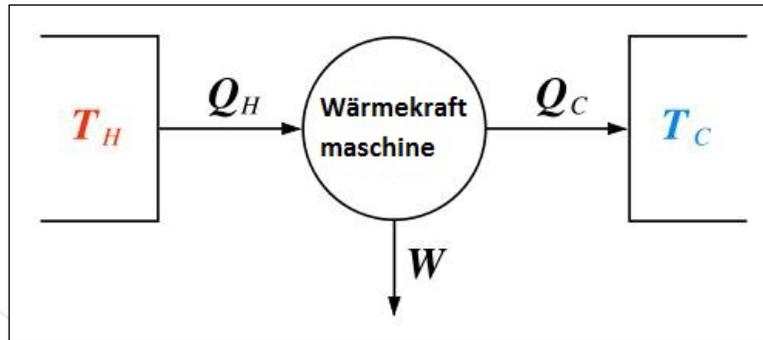


Abbildung 2: Schaubild Wärmekraftmaschine

Im Fall der Green Machine wird die mechanische Arbeit, die durch die Bewegung von Wärme entsteht, verwendet, um einen Stromgenerator anzutreiben. Einige typische Wärme- und Kondensationsquellen werden in der nachfolgenden Abbildung 3 dargestellt.

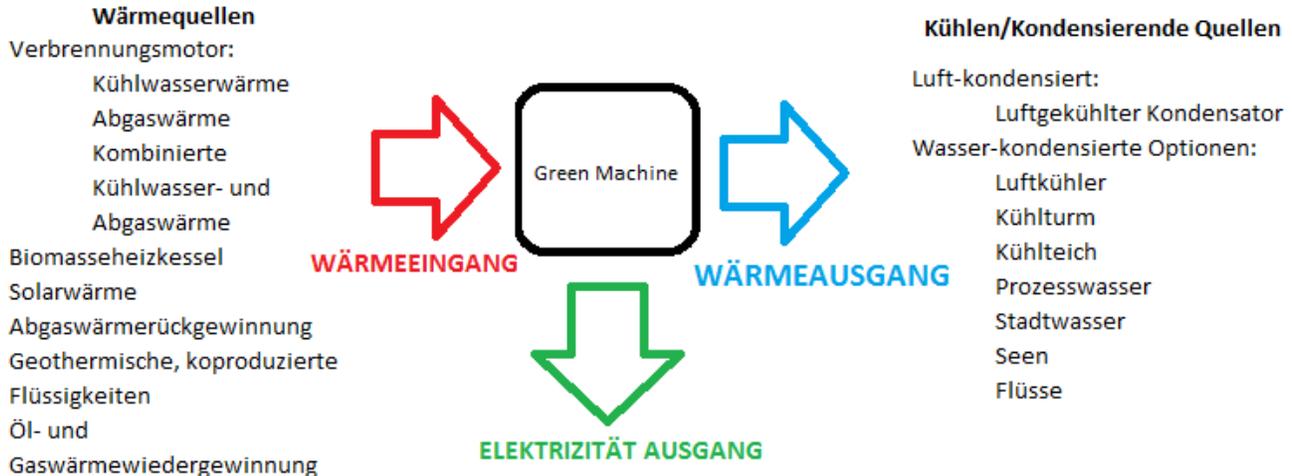
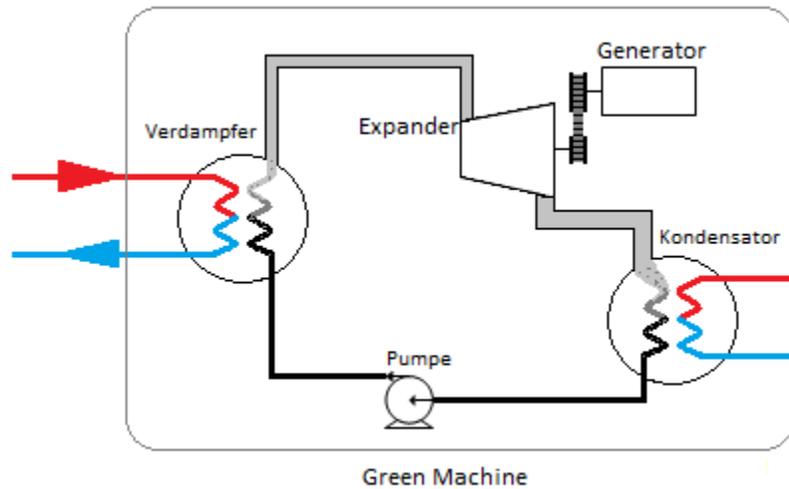


Abbildung 3: Mögliche Wärme- und Kältequellen für die Green Machine von ElectraTherm

Die ElectraTherm ORC-Komponenten



Arbeitsmedium HFC-245fa

HFC-245fa (1,1,1,3,3 Pentafluorpropan) ist ein vom EPA [US-Umweltschutzbehörde] zugelassenes Kühlmittel der Familie der Hydrofluorkohlenwasserstoffe, die gemäß dem Montrealer Protokoll zugelassen sind. Es ist eine nicht-entflammare, umweltfreundliche Flüssigkeit mit geringer Toxizität und einem Siedepunkt von 15,5 °C (60 °F) bei normalem atmosphärischem Druck. Die Green Machine verwendet heißes Wasser, um Druck mit der Eigenschaft eines niedrigen Siedepunkts zu erzeugen, der mit einer Drehbewegung unser Wärme-zu-Strom-Generatorsystem antreibt. HFC-245fa ist ozonfreundlich und im Allgemeinen sicher handzuhaben.

Arbeitsmedium-Schmierung

Das für die Schmierung verwendete POE-Öl ist im Arbeitsmedium als Bestandteil von ElectraTherms eigener Prozessschmierung enthalten.

Arbeitsmedium-Speisepumpe

Die Speisepumpe ist eine Mehrstufenpumpe und besteht aus einem Motor und einem Stapel Flügelräder, die das Arbeitsmedium in eine vorgegebene Richtung fördern. Die Speisepumpe der Green Machine wird durch einen Frequenzumrichterantrieb (von 0 bis 60 Hz) angetrieben und hat einen Eigenverbrauch von 0 bis 7 kW.



Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Verdampfer/Vorwärmer

Der Vorwärmer, Verdampfer und Wasserkondensator sind alle Wärmetauscher. Das Prinzip des Wärmetauschers ist eine Flüssigkeit durch Übertragung der Wärme zwischen ihm und einer anderen Flüssigkeit zu erwärmen oder zu kühlen, ohne dass sich beide vermischen.

Nachfolgend werden gelötete Wärmetauscherplatten, so wie sie in der Green Machine von ElectraTherm verwendet werden, abgebildet. Die vakuumgelöteten Platten bilden verschiedene Kanäle, die den Wärmeübergang effizient in kompakter Form ermöglichen. ElectraTherm verwendet in seinen Wärmetauschern kupfergelötete Edelstahlplatten als Vorwärmer, Verdampfer und Kondensatoren für das Arbeitsmedium im Organic Rankine Cycle (ORC).

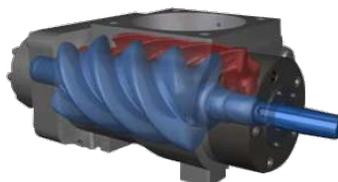


Abbildung 5: Gelötete Wärmetauscherplatten

Der Vorwärmer dient zur Temperaturerhöhung des Arbeitsmediums bevor dieses in den Verdampfer eintritt. Er nutzt das Wasser aus dem Verdampfer, um den Systemwirkungsgrad zu erhöhen, weil dadurch mehr Wärme vom Wasser aufgenommen wird, die anderweitig verschwendet würde. Der Verdampfer dient zur Erwärmung des Arbeitsmediums auf Temperaturen oberhalb vom Verdampfungspunkt, um den Druck, der den Expander antreibt, zu erhöhen.

Doppelschneckenexpander

Die Green Machine benutzt in ihrem Kraftwerksblock einen Doppelschneckenexpander, welcher in Wahrheit ein umgekehrter Verdichter ist. Das Arbeitsmedium tritt mit hohem Druck ein und zwingt die Schnecke zur Rotation, wodurch sich das Arbeitsmedium entspannen kann und sich am Ausgang ein Druckabfall einstellt. Die Bauweise des Doppelschneckenexpanders ist robust und einfach. Die Betriebsdrehzahl der Green Machine ist niedrig und erfordert kein Getriebe. Der Doppelschneckenexpander kann auch unter „nassen“ Bedingungen betrieben werden, was bedeutet, dass nicht 100 % Dampf vorhanden sein muss. Dies ist ein Vorteil gegenüber auf herkömmlichen Turbinen basierende Expander.



Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/gef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Stromerzeuger (Asynchron)

Die Green Machine von ElectraTherm verwendet für die Stromerzeugung einen Asynchrongenerator. Er arbeitet asynchron und erfordert keine Synchronisierung mit dem Stromnetz. Die Spannungs- und Frequenzregelung erfolgt über die vorhandene Verbindung mit dem Stromnetz. Da Asynchrongeneratoren nicht selbsterregend sind und über keine Magnetisierung oder Klemmenspannung vor der Verbindung mit dem Netz verfügen, ist die Synchronisierung bedeutungslos. (Benutzer verwechseln den Asynchrongenerator häufig mit einem Synchrongenerator oder -lichtmaschine. Diese verfügen jedoch über eine eigenständige Klemmenspannung wenn sie rotieren und erfordern eine Synchronisierung, bevor sie mit dem Netz verbunden werden. Für weitere Informationen und häufig gestellte Fragen in Bezug auf Asynchrongeneratoren beachten Sie bitte den Abschnitt [Asynchrongenerator F&A](#) in diesem Dokument.

Wärmequellen

Heißwasserwärmequelle

Die Green Machine braucht Wasser als Eingangsmedium. Die Innenseiten der Wärmetauscher in der Green Machine sind für die Benutzung mit Wasser ausgelegt. Ethylenglykol und Propylenglykol können im Heißwassereingangskreislauf der Green Machine von ElectraTherm verwendet werden. Wenn Glykole gemeinsam mit Wasser verwendet werden, wird empfohlen den Prozentanteil von Glykol im Wasser auf 40 bis 50 % zu beschränken, da der Wärmeaustausch mit zunehmendem Glykolgehalt abnimmt.

Abgaskamin oder Rauchgas als Wärmequelle

Rauchgas- oder Abgaskanalwärme erfordert eine Abgaswärmerückgewinnung mit Wärmetauschkreislauf, um die Wärme aus der gasförmigen Abwärme in einen Heißwasserkreislauf als Eingang für die Green Machine verwenden zu können.

Wärmeträgeröle

Die Green Machine von ElectraTherm ist nicht direkt für die Verwendung von Wärmeträgeröl als Wärmeeingangsquelle geeignet. Wärmeträgeröle haben etwa die Hälfte der Wärmekapazität und Wärmeübertragungsfähigkeit von Wasser, wodurch die doppelte Durchflussmenge durch den Wärmetauscher als bei Wasser erforderlich ist. Bei 200 % der Nenndurchflussmenge treten im Wärmetauscher ein Druckabfall, Viskositäts- und auch Geschwindigkeitsbeschränkungen auf, weshalb der Wärmetauscher in der Green Machine nicht mit Wärmeträgerölen funktionieren wird. In vielen Fällen ist ein sekundärer Heißwasserkreislauf, beheizt durch Wärmeträgeröle, einfach realisierbar.

Sonstige flüssige Abwärmequellen

Alkalisches Wasser, Öle, Chemikalien, Salzwasser oder sonstige Flüssigkeiten, die nicht die nachfolgend aufgeführten Qualitätsanforderungen von Wasser erfüllen, erfordern einen sekundären Wärmetauscherkreislauf, um die Wärme der Abwärmequelle als Eingang in den Warmwasserkreislauf mit der Green Machine verwenden zu können.

Wasserqualitätsanforderungen für Wärme- und Kältequellen für die Green Machine

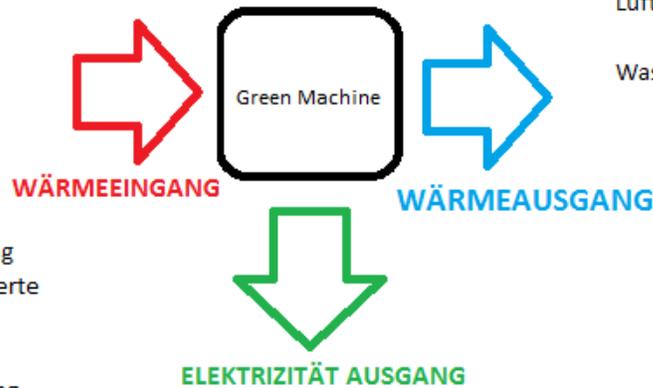
Als Flüssigkeit zum Beheizen des Verdampfers/Vorwärmers wird sauberes Wasser mit folgender allgemeiner Spezifikation verwendet:

- Wasser muss einen neutralen bis leicht alkalischen PH-Wert aufweisen (7,0 bis 8,5).
- Wasser muss frei von schleifenden Materialien sein, die die Wärmetauscherplatten abreiben und verschleifen.
- Wasser muss geringe Mengen bis keine ungelösten Feststoffe enthalten, da Ablagerungen auf den Wärmetauscherplatten die Fähigkeit des Wärmetausches reduzieren, wodurch die Durchflussmenge reduziert und der Druckabfall im Wärmetauscher erhöht wird.
- Der Wärmetauscher wird aus Edelstahl, gelötet mit Kupfer, hergestellt. Chemikalien, die Korrosion am Edelstahl oder Kupfer verursachen können, dürfen nicht in der Heißwasserquelle enthalten sein.
- Für die vollständigen Richtlinien zur Wasserqualität fragen Sie bitte ElectraTherm.

Anschluss verschiedener Wärmequellen an eine Green Machine von ElectraTherm

Wärmequellen

Verbrennungsmotor:
Kühlwasserwärme
Abgaswärme
Kombinierte
Kühlwasser- und
Abgaswärme
Biomasseheizkessel
Solarwärme
Abgaswärmerückgewinnung
Geothermische, koproduzierte
Flüssigkeiten
Öl- und
Gaswärmewiedergewinnung

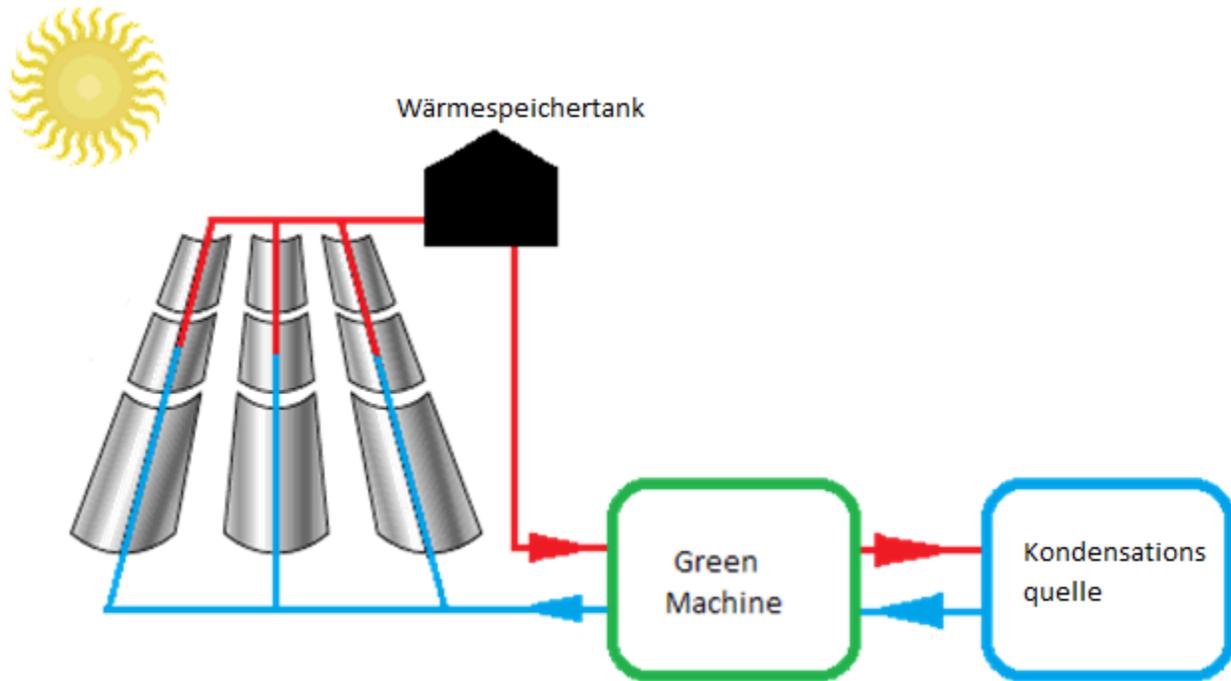


Kühlen/Kondensierende Quellen

Luft-kondensiert:
Luftgekühlter Kondensator
Wasser-kondensierte Optionen:
Luftkühler
Kühlturm
Kühlteich
Prozesswasser
Stadtwasser
Seen
Flüsse

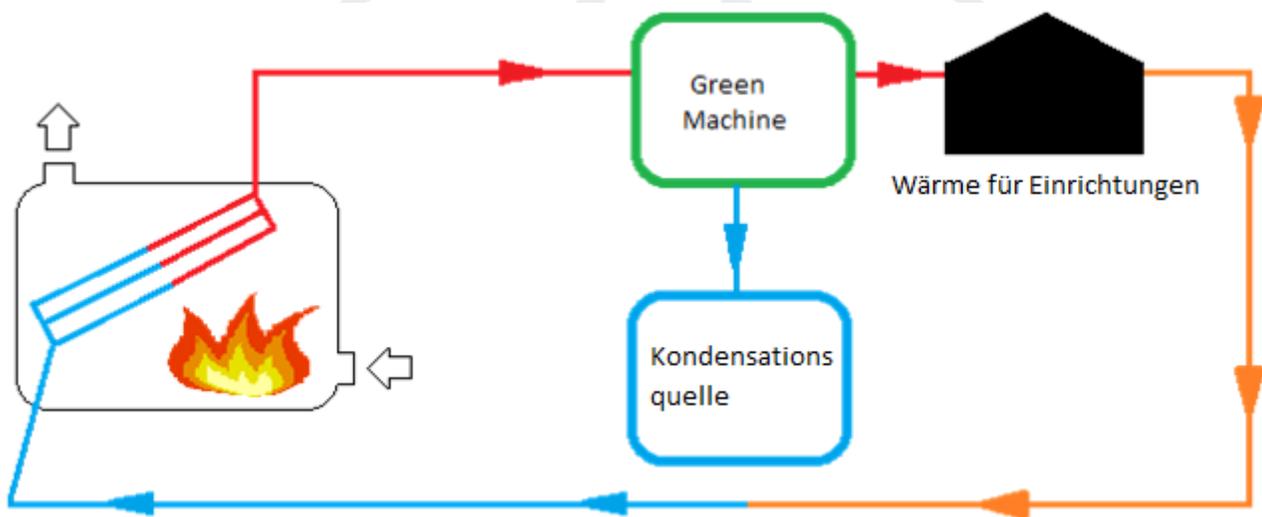
Alle Green Machine-Anwendungen erfordern eine Abwärmequelle in Form von heißem flüssigem Wasser. Die Beispiele auf den nächsten Seiten sind schematischer und anschaulicher Natur und repräsentieren nicht alle möglichen Konfigurationen.

Solarwärme



Solaranlagen erfordern einen Wärmespeicher und haben in Abhängigkeit vom Tageslicht eine begrenzte Anzahl von Betriebsstunden. Wenn Solaranlagen ein anderes Arbeitsmedium als ein Wasser-Glykolgemisch verwenden, ist ein Wärmetauscher erforderlich.

Biomasse/Biogasheizkessel

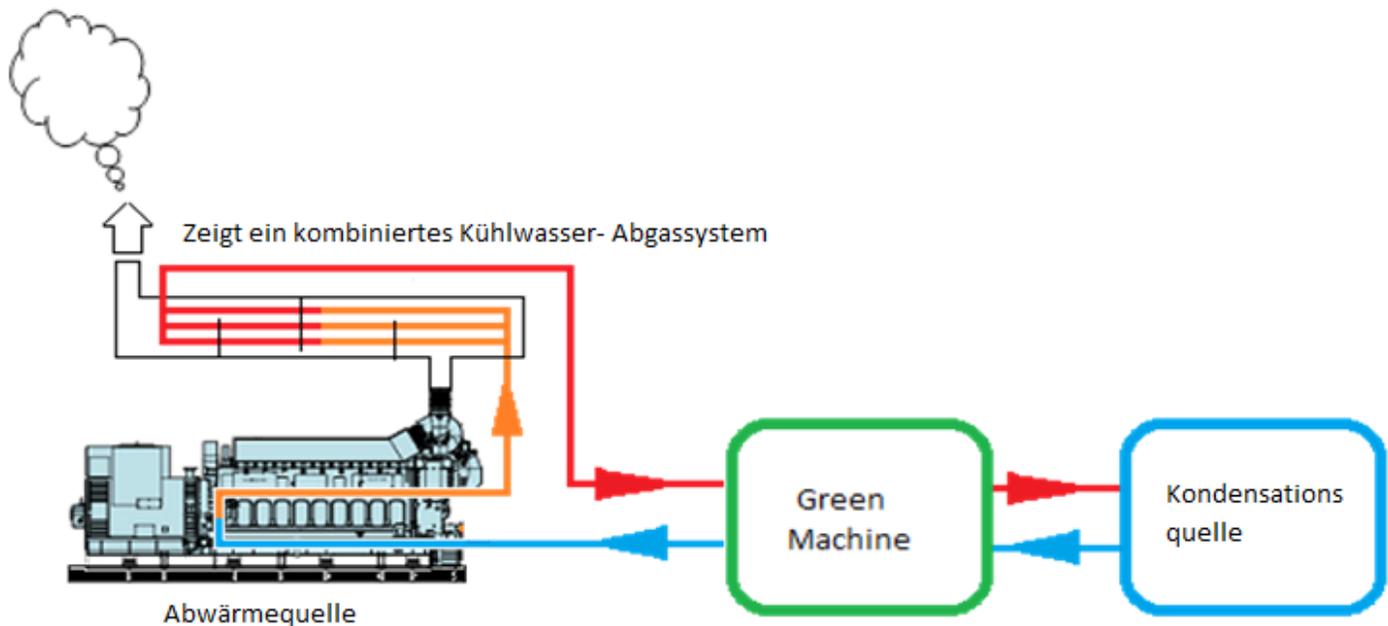


Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Verbrennungsmotoren

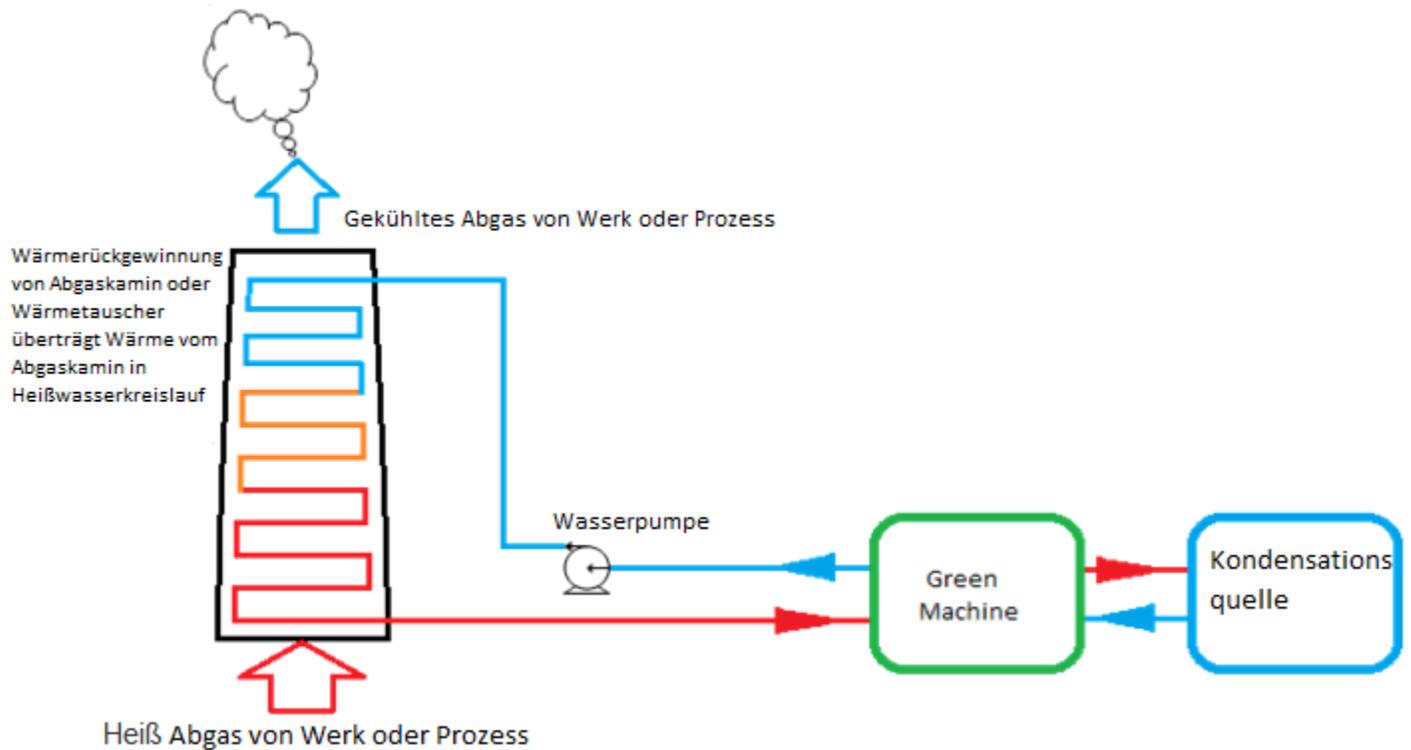
Bedingt durch die Tatsache, dass die meisten Verbrennungsmotoren einen Wirkungsgrad von 30 bis 40 % haben, bedeutet dieses thermisch gesehen, dass von der gesamten thermischen Wärme, die in einen Motor in Form von Kraftstoff eingeleitet wird, 30 bis 40 % als mechanische Arbeit abgegeben werden und die restlichen 60 bis 70 % als Abwärme durch den Kühlwasserkreislauf, Abgaskanal und andere Kühlkreisläufe verlassen. Das Einfangen der Wärme aus dem Kühlwasserkreislauf, den Abgasen oder die Kombination von Abgas- und Kühlwasserwärme stellen einfache Optionen dar, um Abwärme eines Verbrennungsmotors in elektrischen Strom, als auch andere Heizanforderungen, umzuwandeln. Wenn die Kraftstoffkosten hoch sind und der Verbrennungsmotor zur Stromerzeugung verwendet wird, leistet die Green Machine von ElectraTherm einen Beitrag zur Einsparung von Kraftstoffkosten. Der Motor weist einen geringeren Kraftstoffverbrauch auf und erzeugt durch die Ergänzung durch die Green Machine die gleiche elektrische Ausgangsleistung. Mit anderen Worten, die Installation einer Green Machine reduziert die Wärmemenge, die sonst der Kühler „vernichten“ müsste. Eine Reduzierung der durch den Kühler abzuführenden Wärmemenge entspricht einem reduzierten Energieverbrauch durch den Kühler. Es ist nicht nur die Green Machine, die elektrischen Strom aus der Wärme des Kühlwassers erzeugt, sondern die effektive Nettoproduktion des gesamten Motors nimmt aufgrund der reduzierten elektrischen Last am Kühler zu.

Die Abwärme aus dem Motorkühlwasser wird mit der Abwärme, die durch die Abgase entschwindet, kombiniert. Dadurch wird dem Wasser im Motor Wärme hinzugefügt, wodurch die Temperatur ansteigt. Das erwärmte Wasser fließt anschließend durch einen Abgaswärmetauscher, in dem die Wärme der hohen Abgastemperatur in heißes Wasser übertragen und die Temperatur weiter erhöht wird. Die abgeführte Abwärme in diesem Beispiel beinhaltet die Green Machine, Gebäudeheizung und anaerobe Gärungsladungen, als auch einen Kühler, um überschüssige Wärme abzuführen, sofern erforderlich. Das Schaubild auf der nächsten Seite zeigt den Fluss der Heißwasserwärmequelle unter Nutzung der Kühlwasser- und Abgaswärme.



Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pdf und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

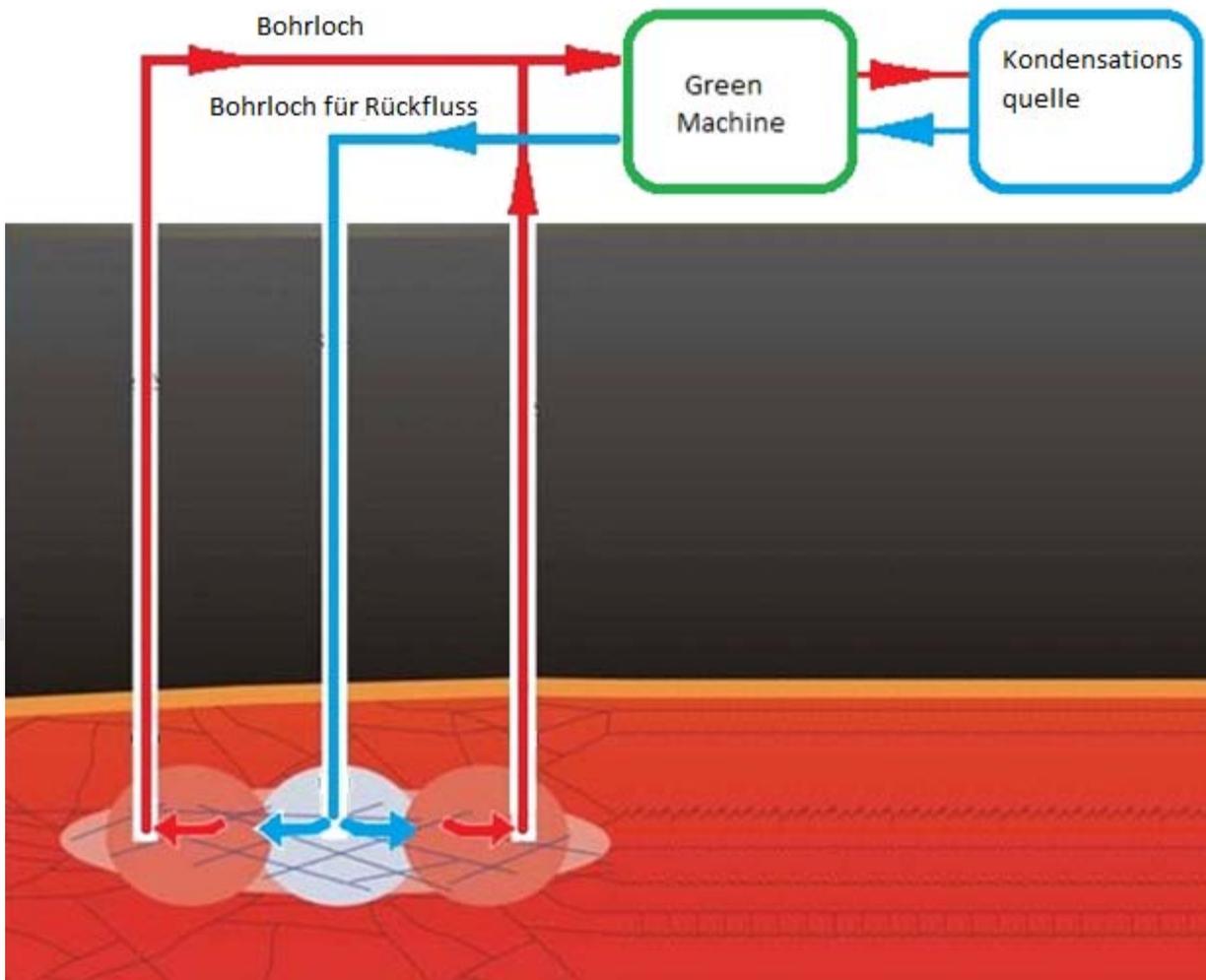
Abgaswärmerückgewinnung



Wärmequellen für die Abgaswärmerückgewinnung erfordern einen Abgaswärmetauscher.

Geothermische und koproduzierte Flüssigkeiten

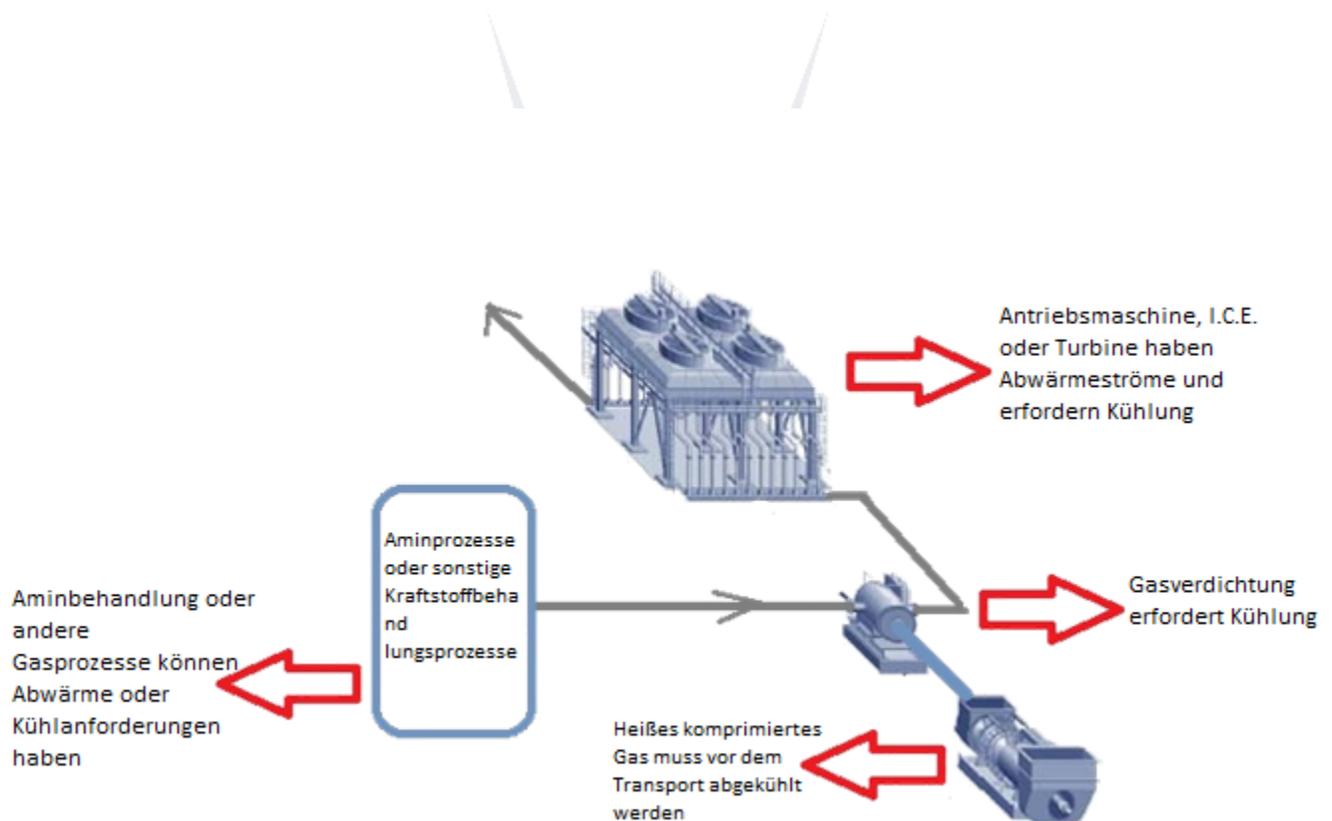
Viele Ölquellen erzeugen, ähnlich wie die geothermischen Anlagen, auch heißes Wasser. Dieses heiße Wasser wird am Boden abgeschieden und wieder eingeleitet, nachdem die Wärme entfernt wurde.



Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Öl- und Gaswärmewiedergewinnung

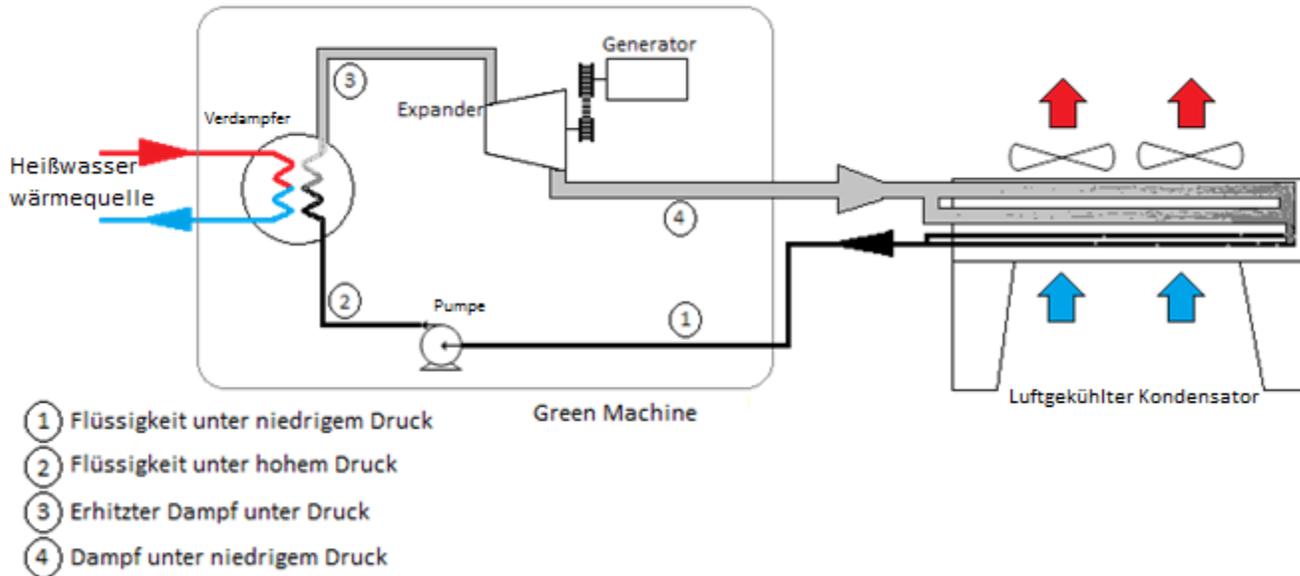
Raffinerieprozesse, Gasverdichtung und andere Industrieprozesse erzeugen sehr viel Abwärme. Wie nachfolgend dargestellt, verfügt eine normale Gasverdichtungsstation über viele Wärmequellen, wobei einige dieser Quellen gekühlt werden müssen. Dadurch ergibt sich ein doppelter Nutzen, wenn aus der Wärme elektrischer Strom erzeugt wird, um die Stromlasten für die Kühlung am vorhandenen System zu reduzieren.



Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebs und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

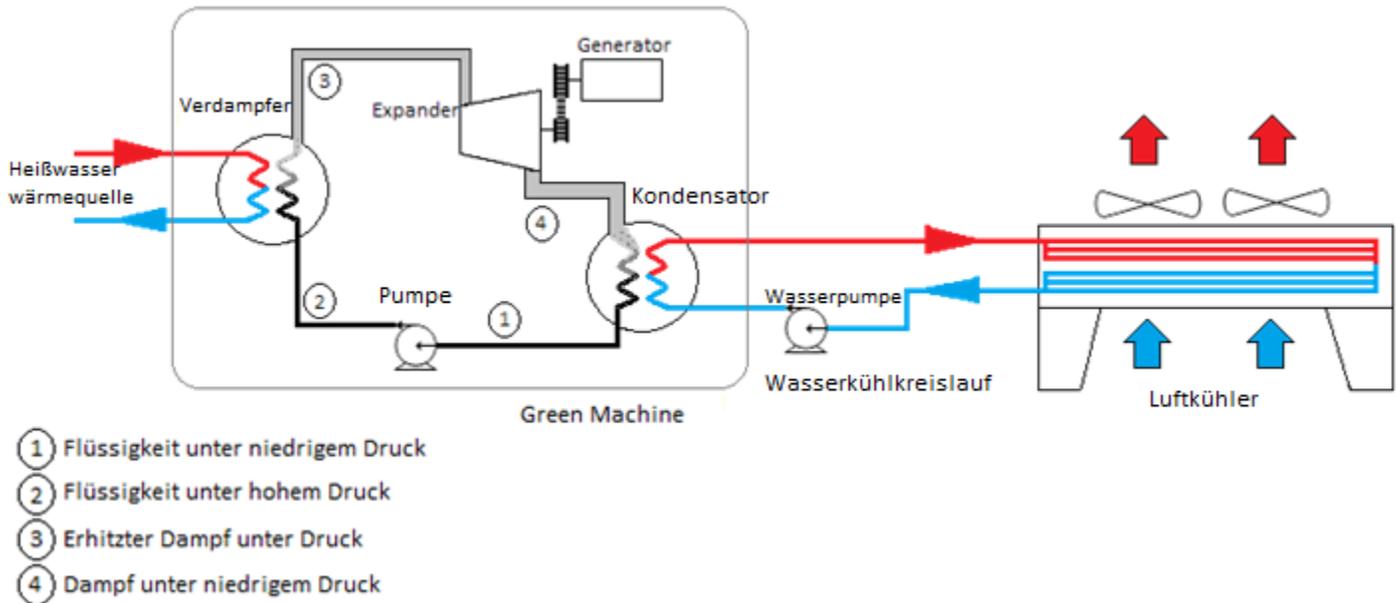
Kühlen/Kondensierende Quellen

Green Machine mit einem luftgekühlten Kondensator



Bei Einsatz eines luftgekühlten Kondensators muss das Arbeitsmedium außerhalb der Green Machine in einem luftgekühlten Kondensator kondensiert werden. Die Wärme wird vom unter niedrigem Druck stehenden Dampf (4-1 im Diagramm oben) durch den luftgekühlten Kondensator direkt an die Luft abgegeben. Der in Verbindung mit einer Green Machine von ElectraTherm verwendete luftgekühlte Kondensator wird von ElectraTherm spezifiziert und kann über ElectraTherm bezogen werden. Obwohl die Nomenklatur ähnlich ist, unterscheidet sich der luftgekühlte Kondensator der Green Machine erheblich im Betrieb im Vergleich zu einem herkömmlichen luftgekühlten Kondensator.

Green Machine mit einem wassergekühlten Kondensator



Beim Einsatz eines wassergekühlten Kondensators kondensiert das Arbeitsmedium im wassergekühlten Kondensator in der Green Machine. Die Wärme wird vom unter niedrigem Druck stehenden Dampf (4-1 im Diagramm oben) durch den Wasserkühlkreislauf übertragen und die Wärme im Wasserkühlkreislauf durch einem luftgekühlten Kühler oder Kühlturm an die Luft abgegeben. Es gibt viele Vor- und Nachteile bei der für das Wasser verwendeten Kühlmethode. Nachfolgend werden einige allgemeine Punkte genannt, die bei einer Gegenüberstellung von einem Kühlturm mit einem luftgekühlten Kühler zu berücksichtigen sind.

Kühltürme

Abhängig von der Differenz zwischen der Feuchtkugeltemperatur und der Lufttemperatur bei ungesättigter Luft bietet ein Kühlturm in der Regel eine bessere Wasserkühlleistung als ein geschlossener Kühlerkreislauf. Dies gilt insbesondere bei trockenem Klima. Kühltürme verbrauchen ununterbrochen Wasser. Wasser geht durch Verdampfung und Austreten im Kühlgebläse verloren. Weiterhin muss Wasser abgelassen werden, um abgelagerte Mineralien und Feststoffe zu entfernen, da diese nicht verdampfen. Das Kondenswasser muss behandelt werden, um die Bildung von Bakterien und Algen zu verhindern. Diese Punkte sind für eine entsprechende Gewichtung bei der Entscheidung über die beste Kondensationsquelle bei jeder Anwendung zu berücksichtigen.

Geschlossener Kühlwasserkreislauf

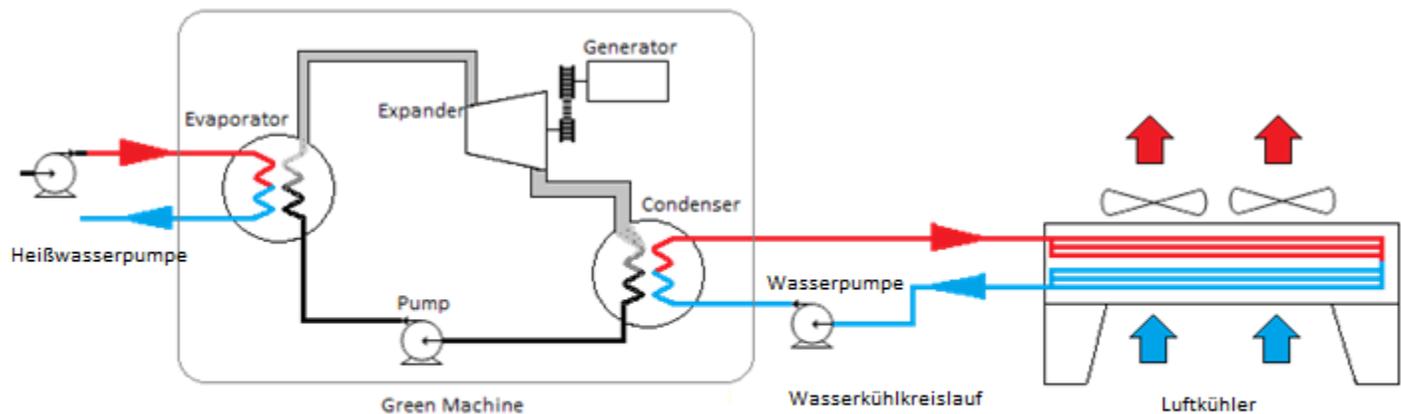
Ein geschlossener Kühlwasserkreislauf nutzt elektrisch betriebene Gebläse, um die Wärme vom heißen Wasser in die Atmosphäre zu übertragen. Ein geschlossener Kühlwasserkreislauf sollte während des normalen Betriebs kein Wasser verbrauchen.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pdf und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Wassergekühlte Kondensatoren

Die wassergekühlten Einheiten verwenden gelötete Platten als Wärmetauscher, die denen vom Vorheiz- und Verdampfer ähneln. Das kalte Wasser kann aus einer Vielzahl von Quellen stammen. Es ist sicherzustellen, dass die Wasserqualität die im Abschnitt Wasserqualität aufgeführten Normen erfüllt.

Green Machine-Konfiguration für kondensiertes Wasser



Brutto-kWe ist die von einem Generator erzeugte Leistung.

Eigenverbrauch der internen Speisepumpe in kWe ist die von der Speisepumpe in der Green Machine verbrauchte Leistung.

Eigenverbrauch des luftgekühlten Kondensators in kWe ist die vom Gebläse des luftgekühlten Kondensators verbrauchte Leistung.

Eigenverbrauch der Warmwasserpumpe in kWe ist die von der Warmwasserpumpe (nicht immer erforderlich) verbrauchte Leistung.

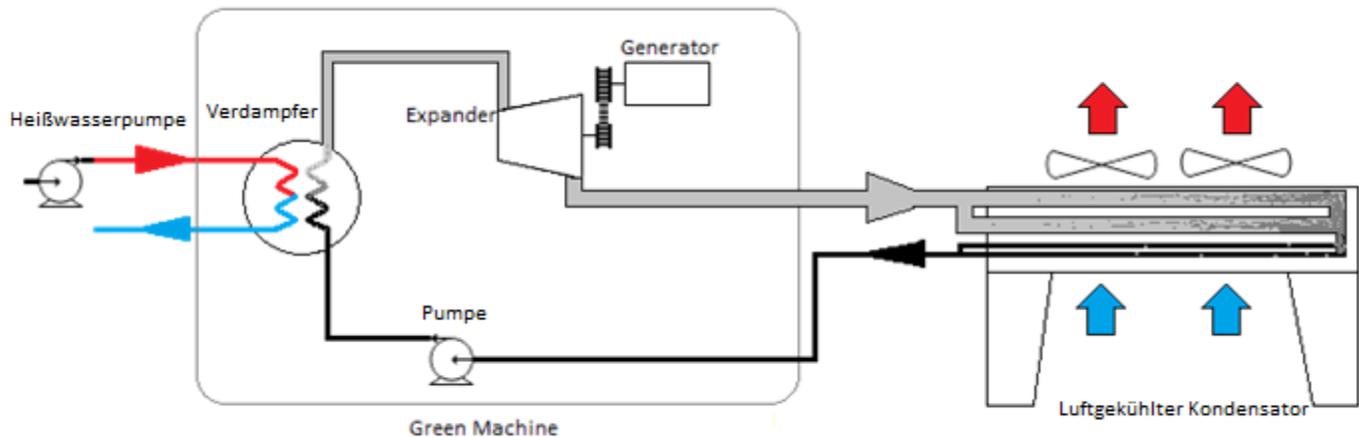
Wasserkühlkreislaufpumpe in kWe ist die von der Kühlwasserpumpe verbrauchte Leistung.

Netto-kWe ist die von einem Generator erzeugte Brutto-kWe abzüglich des für den Betrieb der Green Machine erforderlichen Eigenverbrauchs.

Luftgekühlte Kondensatoren

Green Machines mit luftgekühltem Kondensator haben keinen wassergekühlten Kondensator, da das Arbeitsmedium durch den luftgekühlten Kondensator außerhalb der Green Machine verflüssigt wird.

Green Machine-Konfiguration mit luftgekühltem Kondensator



Brutto-kWe ist die von einem Generator erzeugte Leistung.

Eigenverbrauch der internen Speisepumpe in kWe ist die von der Speisepumpe in der Green Machine verbrauchte Leistung.

Eigenverbrauch des luftgekühlten Kondensators in kWe ist die vom Gebläse des luftgekühlten Kondensators verbrauchte Leistung.

Eigenverbrauch der Warmwasserpumpe in kWe ist die von der Warmwasserpumpe (nicht immer erforderlich) verbrauchte Leistung.

Netto-kWe ist die von einem Generator erzeugte Brutto-kWe abzüglich des für den Betrieb der Green Machine erforderlichen Eigenverbrauchs.

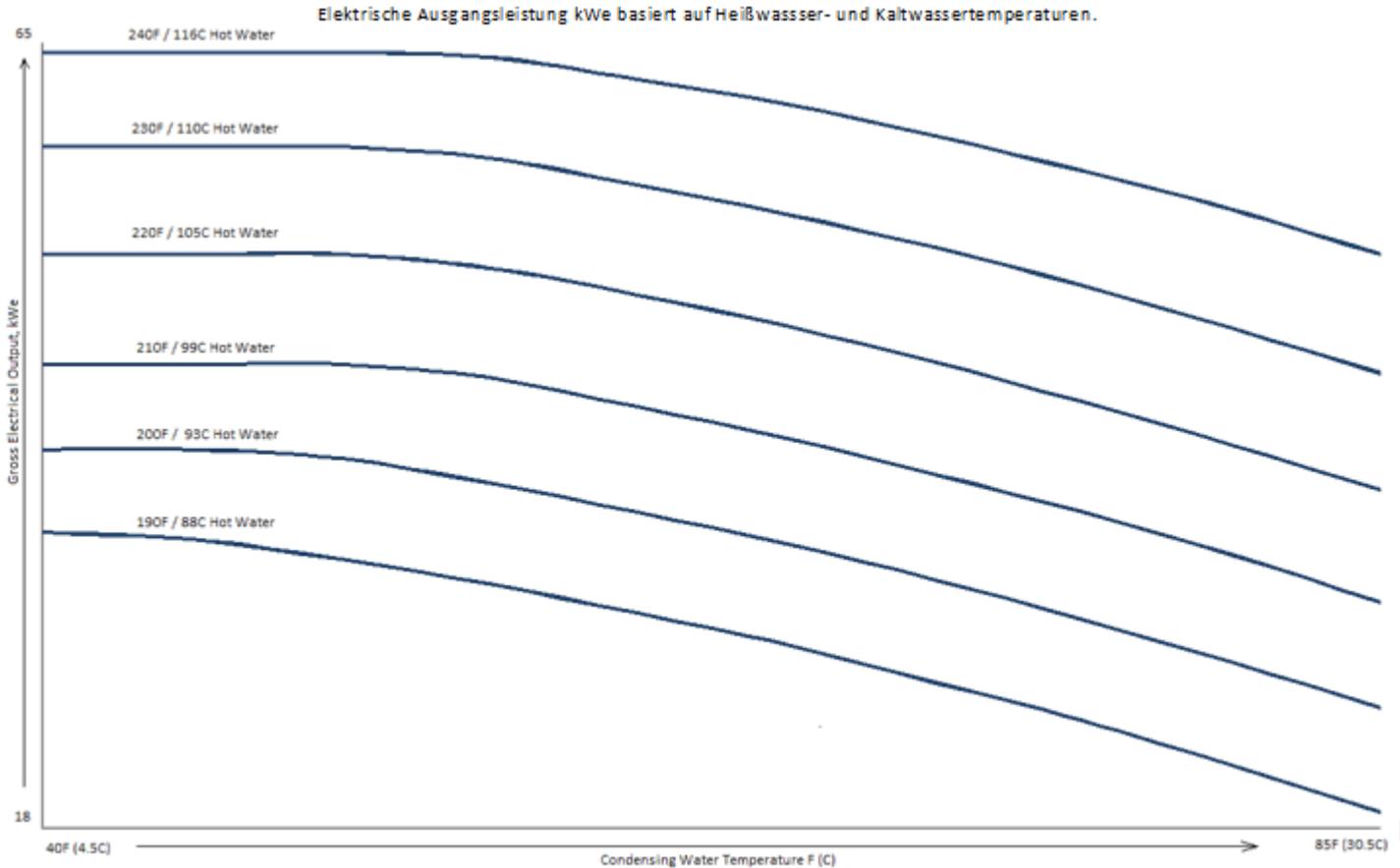
Die Leistung der Green Machine ORC betreffenden Elemente Verflüssigungstemperatur (Umgebungstemperatur)

Die Fähigkeit der Verflüssigung des Arbeitsmediums von Dampf mit niedrigem Druck in eine Flüssigkeit hängt von der Umgebungstemperatur ab. Wenn eine Kaltwasserquelle zum Verflüssigen des Arbeitsmediums verwendet wird, steht die Wassertemperatur in Beziehung zur Umgebungstemperatur, da es mit Luft in einem Kühlturm oder Kühler gekühlt wird. Wenn eine luftgekühlte Green Machine benutzt wird, dient diese Luft zur direkten Verflüssigung des Kühlmittels in einem luftgekühlten Kondensator.

Temperatur der Heißwasserquelle

Mit passenden Durchflussmengen und ausreichend verfügbarer Wärmemenge ist die Temperatur der Heißwasserquelle die wichtigste treibende Kraft für die Maximierung der elektrischen Ausgangsleistung, die von einer Green Machine erreicht werden kann. Heißwasserquellen mit hohen Temperaturen erzeugen bei gleichen Kondensationsbedingungen eine höhere elektrische Ausgangsleistung.

Siehe nachfolgendes Diagramm für elektrische Ausgangsleistungskurven in Bezug mit Heiß- und Kaltwassertemperaturen.



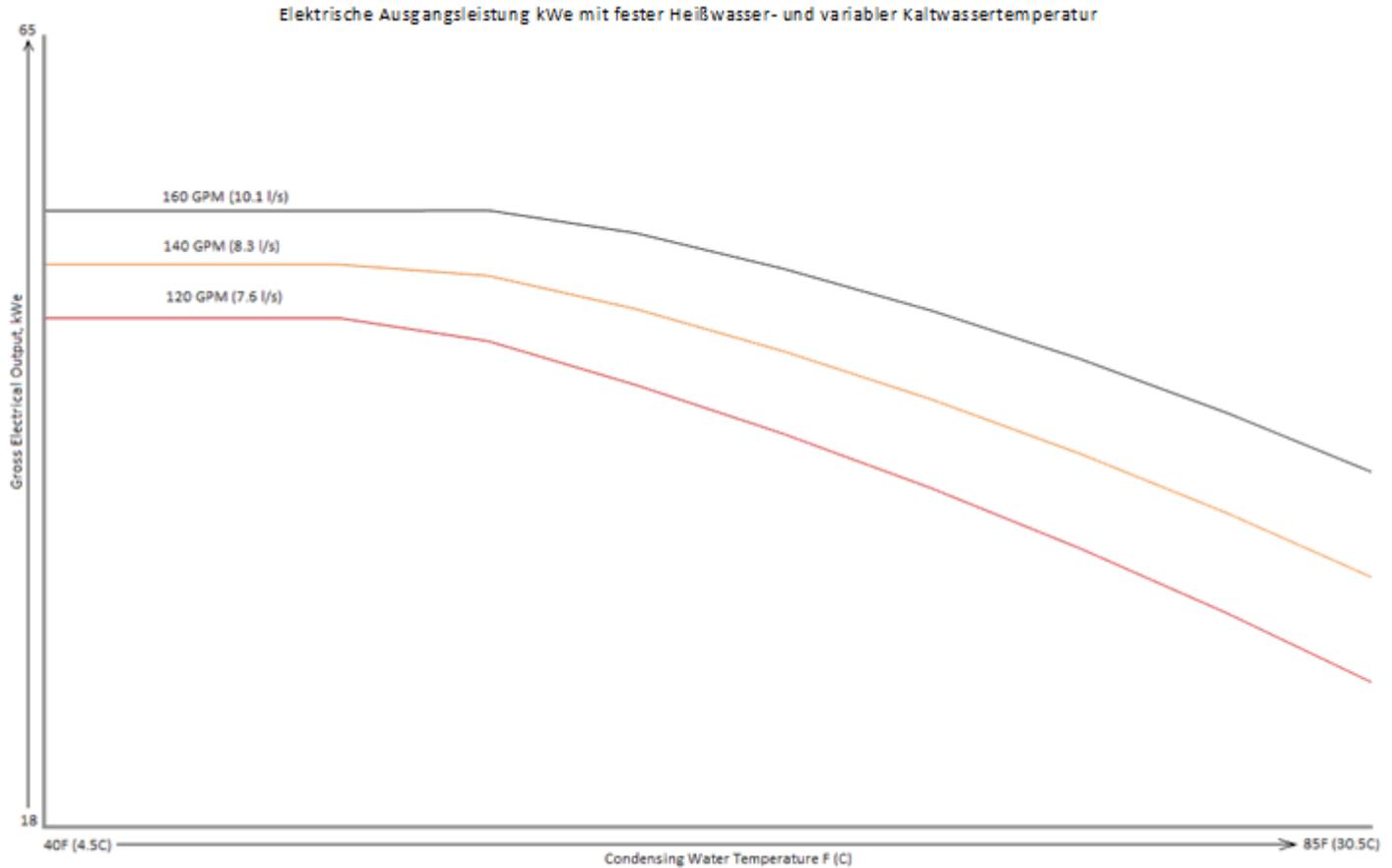
*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Durchflussmenge der Heiß- und Kaltwasserquelle

Der Verdampfer und Wärmetauscher wurden entwickelt, um optimal mit Heißwasserdurchflussmengen im Bereich von 7,6 bis 12 l/s (120 bis 200 Gallonen pro Minute) zu arbeiten. Bei geringeren Durchflussmengen wird weniger Wärme von der heißen Quelle in das Arbeitsmedium übertragen. Die Ausgangsleistung der Green Machine sinkt mit abnehmender Durchflussmenge. Die erforderliche Durchflussmenge des Kondensators beträgt zwischen 11,4 bis 13,2 l/s (180 bis 220 Gallonen pro Minute). Die Leistung des Wärmetauschers (verwendet als Kondensator) nimmt mit abnehmender Durchflussmenge auf der Kaltwasserseite ab.

Siehe nachfolgendes Diagramm zur Darstellung von Heißwasser-Durchflussmengen und ihre Beeinflussung der elektrischen Ausgangsleistung der Green Machine.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.



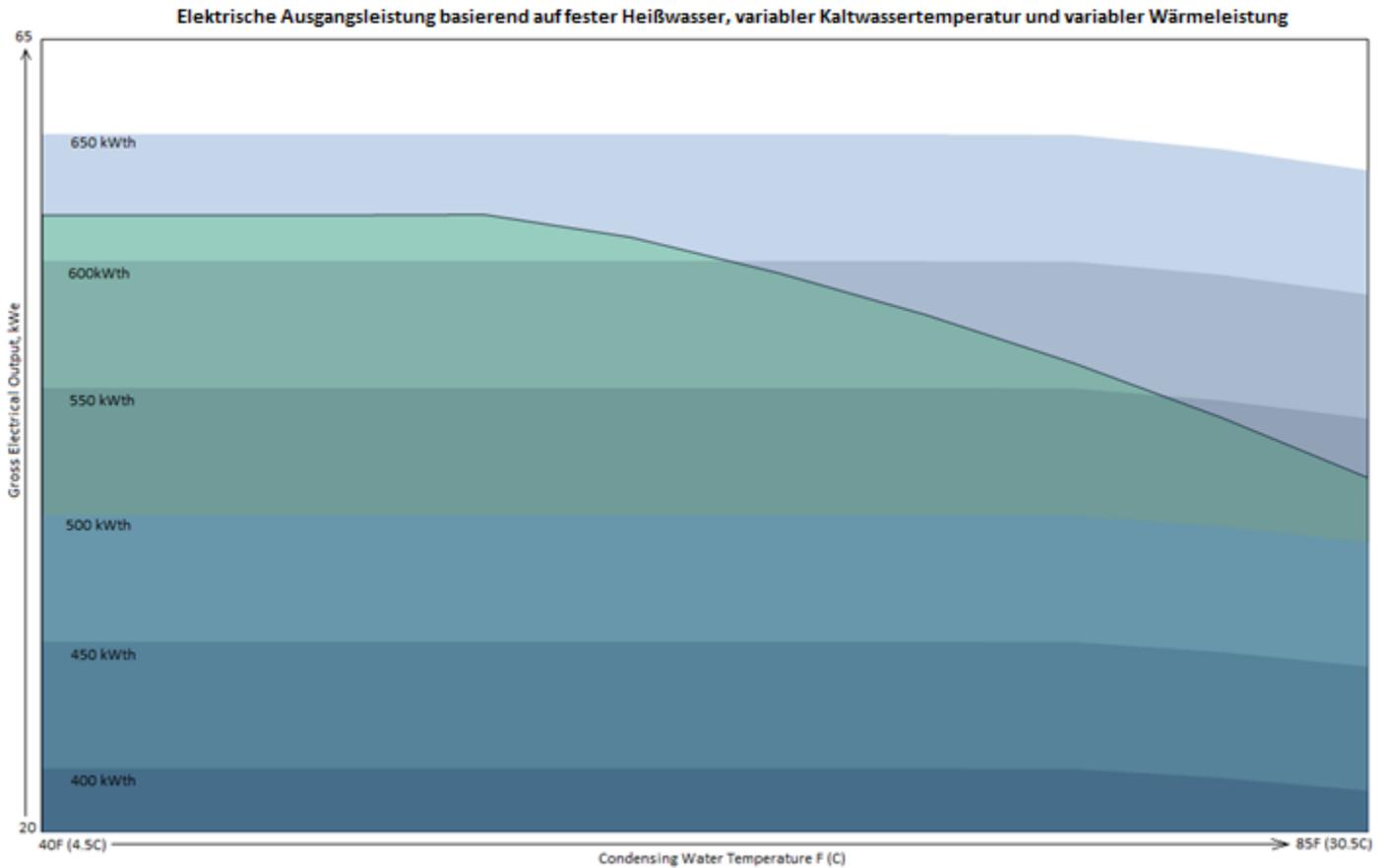
*Drawing is representative only. Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Verfügbare Wärmemenge/Wärmeleistung

Die verfügbare Wärmeleistung ist die Menge an BTUs/h oder kW_{th}, die fortlaufend durch die für die Green Machine zur Verfügung stehenden Abwärmequelle produziert wird. Die verfügbare Wärmeleistung beeinflusst die Leistung der Green Machine, da diese die Wärmeleistung in elektrischen Strom umwandelt. Einfach gesagt, weniger Wärmeleistung bedeutet weniger elektrischen Strom.

Bei spezifischen vorgegebenen Eingangsbedingungen (Durchflussmenge, Heißwassertemperatur und Kondensationstemperatur) hat die Green Machine einen spezifischen „Appetit“ auf eine Menge der Wärmeleistung, die sie verbrauchen möchte, um elektrischen Strom zu erzeugen. Beispiele von Beziehungen zwischen elektrischer Ausgangsleistung und verbrauchter Wärmeleistung werden in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt. In den Beispieldiagrammen wird eine feste Heißwassertemperatur und Durchflussmenge verwendet, um die Beziehung aufzuzeigen.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

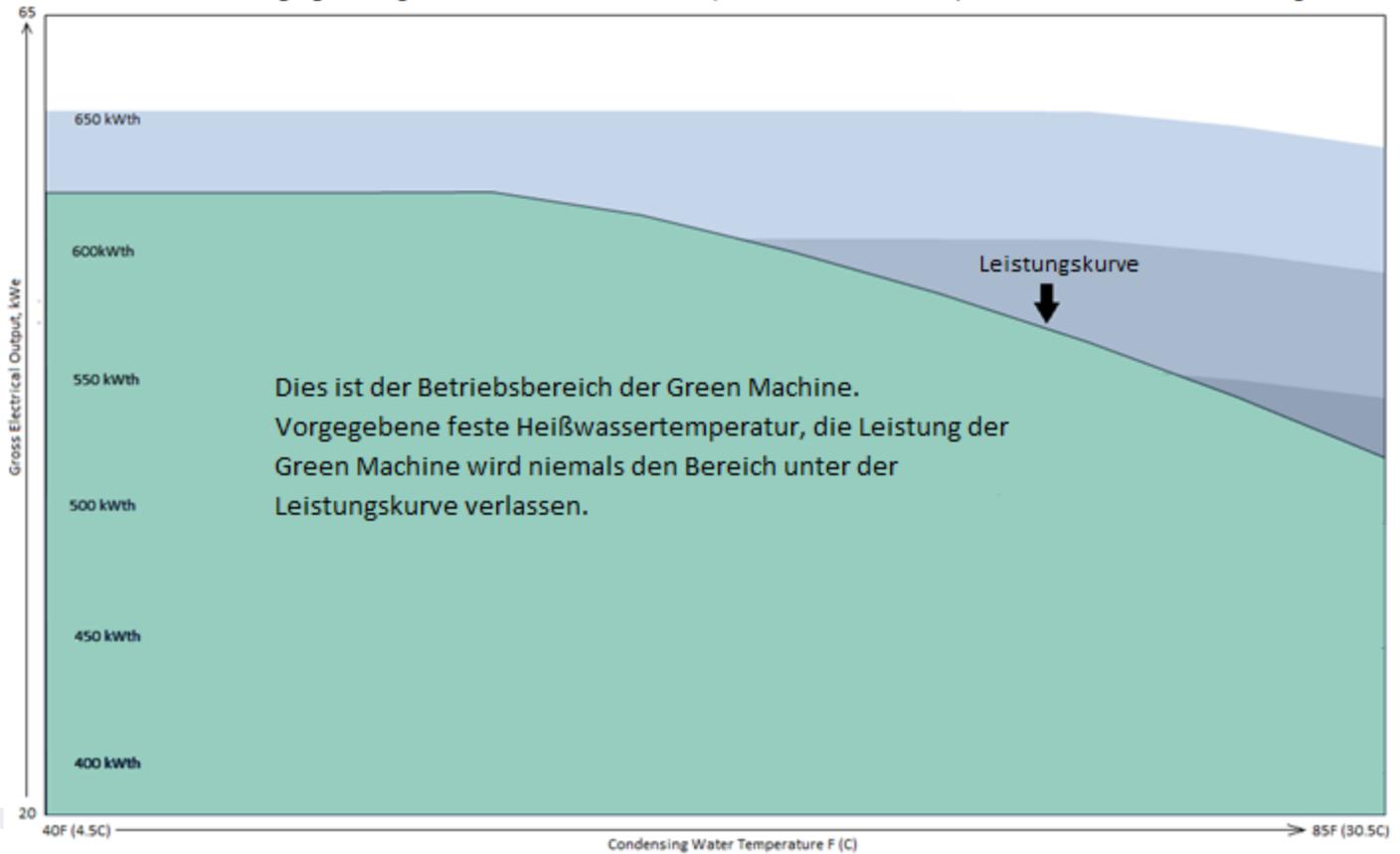


*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Beachten Sie das nachfolgende Betriebskurvendiagramm bei einer gegebenen spezifischen Heißwassertemperatur.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

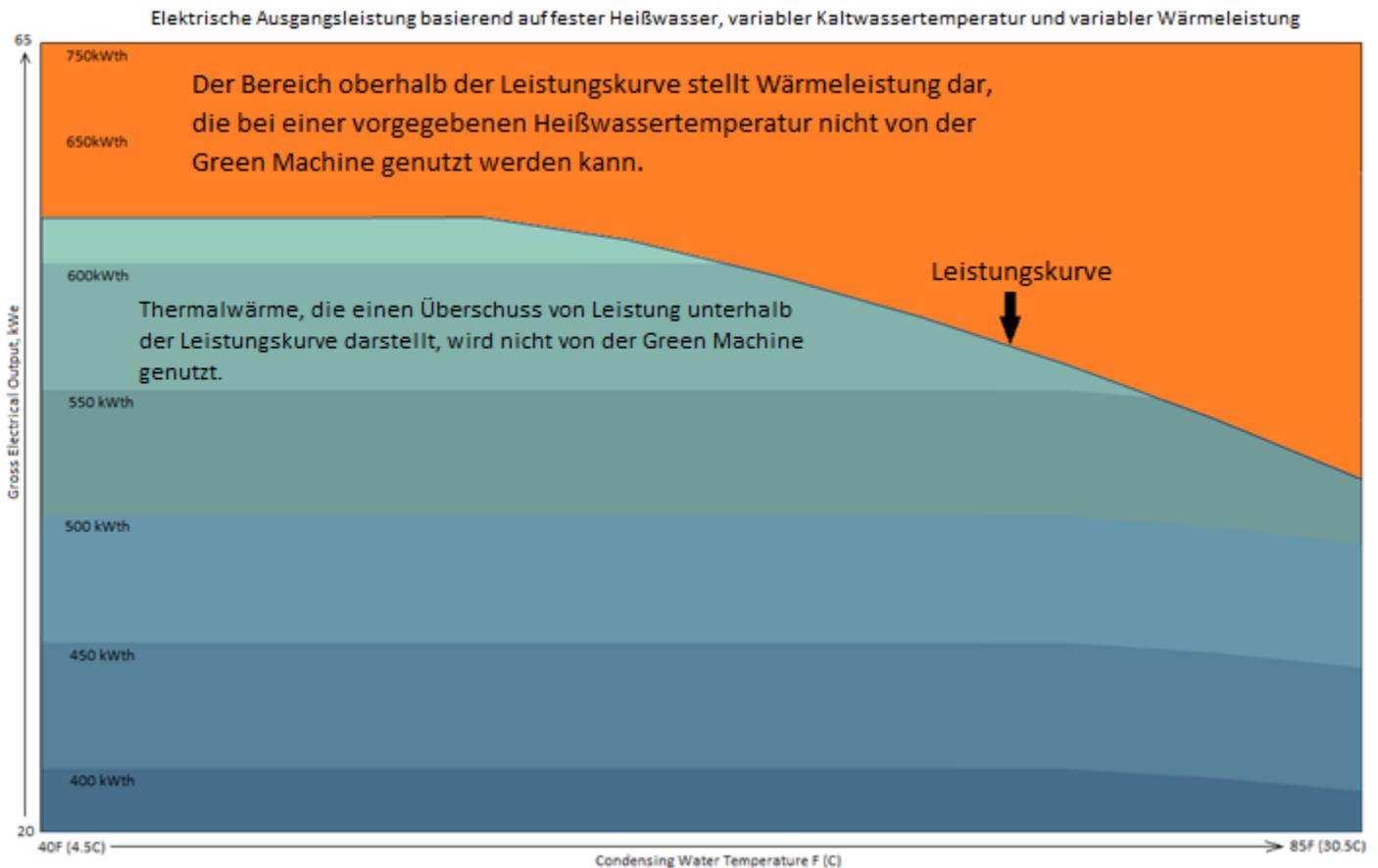
Elektrische Ausgangsleistung basierend auf fester Heißwasser, variabler Kaltwassertemperatur und variabler Wärmeleistung



*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electrotherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

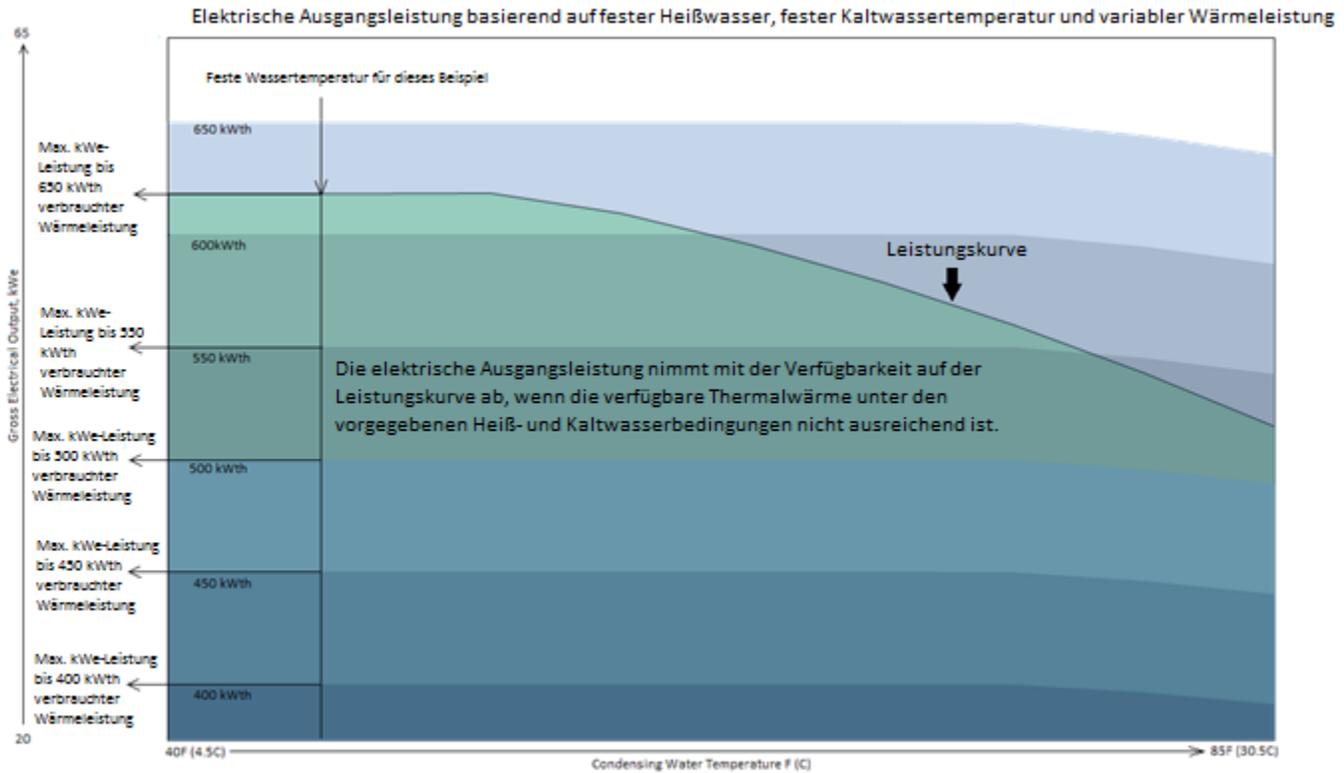
Siehe nachfolgende Abbildung für Situationen, bei denen mehr Wärme für den Verbrauch zur Verfügung steht, als die Green Machine verbrauchen kann.



*Drawing is representative only, Do not scale drawing, or collect data from this graph for performance evaluation

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Siehe nachfolgende Abbildung zur Berücksichtigung bei der elektrischen Ausgangsleistung in Situationen, in denen die für die Green Machine verfügbare Wärmemenge unterhalb des „Appetits“ der Green Machine, basierend auf spezifischen Heiß- und Kaltwasserbedingungen, liegt.



System Delta T (ΔT)

Delta T ist der Unterschied zwischen der warmen und kalten Quelle. Das Delta T bezieht sich auf den Gesamtwirkungsgrad des ORC-Systems. Innerhalb der Beschränkungen der Wärme- und Kältequelle, als auch des Arbeitsmediums selber, führt ein höheres Delta T zu einem höheren Wirkungsgrad des ORC-Systems. Die Green Machine ist durch die Temperatur Delta T aufgrund der physikalischen Eigenschaften von flüssigem Wasser beschränkt. Beachten Sie den Abschnitt [Wirkungsgrad Green Machine](#) in diesem Dokument für weitere Informationen in Bezug auf Wirkungsgrad und den ElectraTherm-ORC.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pdf und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

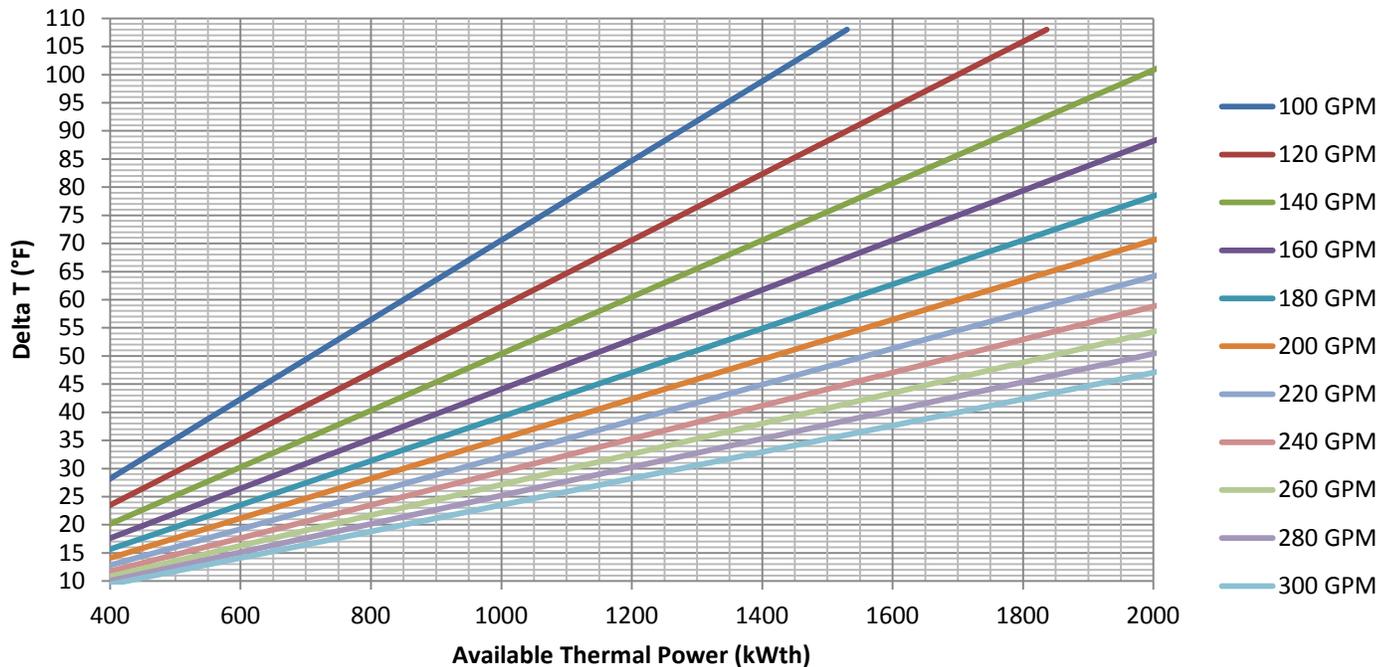
Berechnung der verfügbaren Wärmeleistung

Die Diagramme auf den nächsten Seiten sind bei der Schätzung der verfügbaren Wärmeleistung für Abwärmeströme mit reinem Wasser hilfreich (Dieses Diagramm darf nicht bei Glykol-Wasser-Gemischen oder Flüssigkeiten, die kein Wasser sind, wie Wärmeträgeröl, verwendet werden).

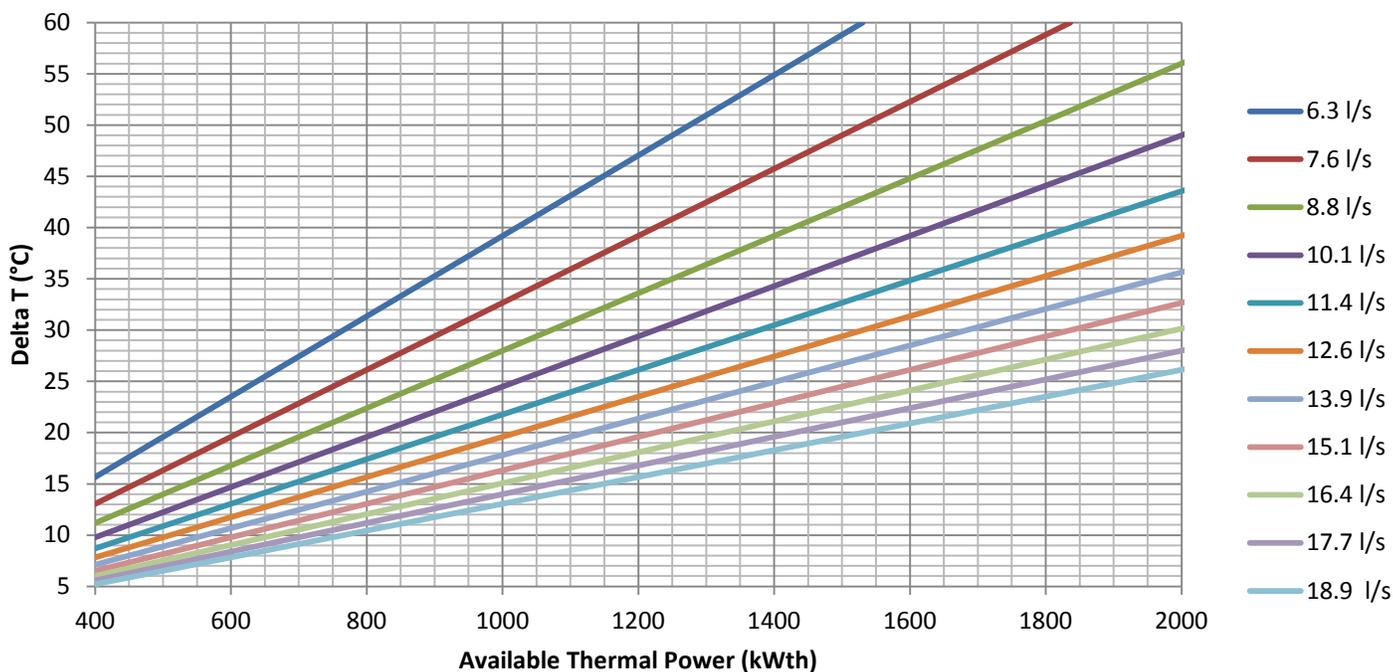
- Berechnung der verfügbaren Wärmeleistung.
- Die verfügbare Wärmeleistung wird mithilfe des Massenstroms, spezifischen thermischen Eigenschaften der Flüssigkeit und dem Temperaturunterschied zwischen der heißen Ausgangstemperatur und kühleren Rücklaufstemperatur (Delta T) von der Wärmequelle berechnet. Dies ist nicht das Delta T des Systems. Es handelt sich dabei um das Delta T, der Temperaturdifferenz, zwischen dem heißen Wasser an seinem Ausgang und dem Rücklauf zur Wärmequelle. Zum Beispiel, wenn ein Verbrennungsmotor eine Kühlwasserausgangstemperatur von 95 °C und eine Rücklaufstemperatur von 75 °C bei einem Fluss von 7,6 l/s aufweist, steht eine verfügbare Wärmeleistung von 600 kWth zur Verfügung. Diese finden Sie im Diagramm mithilfe des Delta T zwischen Ausgang und Rücklauf ($95\text{ °C} - 75\text{ °C} = 20\text{ °C}$) und der Flusslinie 7,6 l/s.

Beachten Sie die beiden Diagramme auf der folgenden Seite für die Schätzung der Wärmeleistung einer Abwärmequelle mit flüssigem Wasser. Bitte beachten Sie, dass dies für reines Wasser gilt und nicht für Glykole, die mit Wasser gemischt sind.

Imperial Chart



Metric Chart



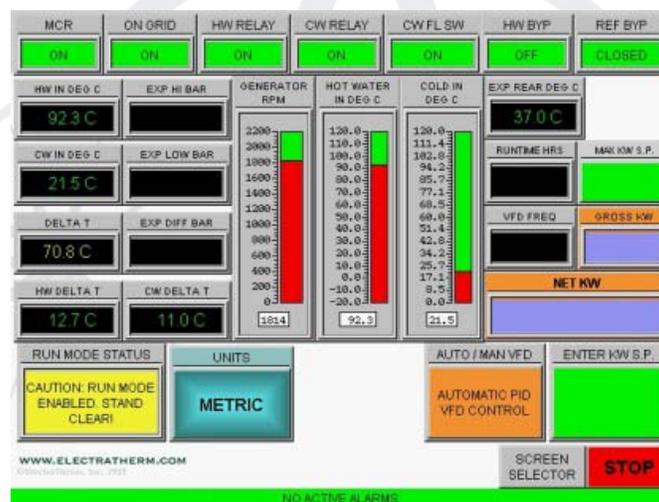
Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/gef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Kühlen von Stromerzeugungsanwendungen mithilfe der Green Machine von ElectraTherm

Nicht jede Abwärme ist „gratis“. Es gibt Wärme in Prozessen, die gekühlt werden muss. Kühlprozesse kosten Geld. Da diese normalerweise elektrischen Strom benötigen, sofern das Kühlen durch Gebläse oder Kühltürme erfolgt. Im Fall, dass die Wärmequelle oder der zu kühlende Prozess für den Einsatz einer Green Machine geeignet ist, ergibt sich durch den Einsatz der Green Machine eine doppelte Wirkung. Zusätzlich zur elektrischen Energie, die die Green Machine erzeugt, wird ebenfalls die abzuführende Wärmemenge reduziert und die aktuelle Leistung der Green Machine ist höher als die, die die Green Machine selber erzeugen kann. Zum Beispiel, ein Verbrennungsmotor mit 800 kW_e erzeugt 500 kW_{th} Wärme, die in einem Wasserkühlkreislauf mit Kühler „vernichtet“ werden muss. Hierzu ist elektrischer Strom erforderlich, um das Gebläse zur Kühlung des Kühlkreislaufes zu betreiben und um die Wärme abzutransportieren. Die Installation einer Green Machine reduziert die Wärmemenge, die sonst das Kühlgebläse „vernichten“ müsste. Eine Reduzierung der durch den Kühler abzuführenden Wärmemenge entspricht einem reduzierten Energieverbrauch durch den Kühler. Es ist nicht nur die Green Machine, die elektrischen Strom aus der Wärme des Kühlwassers erzeugt, sondern die effektive Nettoproduktion des gesamten Motors nimmt aufgrund der reduzierten elektrischen Last am Kühler zu. Wenn im oben genannten Beispiel die Green Machine 35 kW_e Strom aus dem Kühlwasser als Wärmequelle erzeugt und die Green Machine den Eigenverbrauch des vorhandenen Kühlers um 5 kW reduziert, steigt die effektive Systemleistung auf 40 kW.

Green Machine Steuerungen und Fernüberwachung

Die Green Machine kann sowohl ferngesteuert, als auch über einen LCD-Touchscreen gesteuert werden, der an der Vorderseite der Maschine angebracht ist. Die Maschine verfügt über zwei verschiedene Betriebsmodi: Automatikbetrieb und Handbetrieb. Im Automatikbetrieb startet und arbeitet die Einheit automatisch. Die Maschine optimiert die Ausgangsleistung selber. Die Temperaturunterschiede für den Autostopp und den Autostart sind in diesem Modus ab Fabrik eingestellt und können über den Set-Up-Bildschirm neu eingestellt werden. Der Handbetrieb ist nur für geschultes und zugelassenes Personal gedacht und kann nur über ein Kennwort aktiviert werden.



Auf die Maschine kann mithilfe der erforderlichen Internetverbindung zugegriffen werden und sie kann ferngesteuert werden. Die Maschine sendet ihre Betriebsdaten täglich an ElectraTherm, wo sie überwacht und analysiert werden, um sicherzustellen, dass die Maschine korrekt funktioniert und den Kunden bei der Optimierung der Ausgangsleistung unterstützt.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pdf und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Asynchrongenerator F&A

Was ist ein Asynchrongenerator?

Ein Asynchrongenerator ähnelt elektromechanisch einem Asynchronmotor. Im Fall der Green Machine basiert unser Asynchrongenerator auf einem 50 bis 75 kW (50 bis 100 PS) Käfigläufermotor mit optimierter innerer Bauweise, um ihn als Generator effizienter zu gestalten.

Warum benutzt ElectraTherm einen Asynchrongenerator?

Asynchrongeneratoren haben gegenüber anderen Modellen einen entscheidenden Vorteil. Ähnlich wie Industriemotoren sind sie kostengünstig, robust und haben sich bewährt, erfordern keine Bürsten, Gleichrichter, Schleifringe, Erregermaschine, Regler, Synchronisierung oder andere komplexe Teile. Für die Leistung, die wir erzeugen, ist der Asynchrongenerator eine gute Lösung.

Wie funktioniert ein Asynchronmotor/-generator?

Ein Asynchronmotor zieht Strom wenn er unterhalb seiner Synchrondrehzahl läuft und erzeugt Strom oberhalb seiner Synchrondrehzahl. Eine typische Synchrondrehzahl liegt bei 1.500 U/min bei 50 Hz und 1.800 U/min bei 60 Hz. Bei exakt diesen Drehzahlen verbraucht oder erzeugt der Motor theoretisch keinen Strom (eine geringe Leistung wird für Reibung, usw. benötigt). Um die volle elektrische Leistung zu erreichen, muss ein Asynchronmotor/-generator typischerweise mit weniger als 2,5 % über der Synchrondrehzahl laufen (1.840 U/min sind bei 60 Hz und 1.530 U/min sind bei 50 Hz-Anwendungen normal).

Benötigt der Asynchrongenerator ein Gerät zur Synchronisierung?

Nein. Die Spannungs- und Frequenzregelung erfolgt über die vorhandene Verbindung mit dem Stromnetz. Da Asynchrongeneratoren nicht selbsterregend sind und über keine Magnetisierung oder Klemmenspannung vor der Verbindung mit dem Netz verfügen, ist die Synchronisierung bedeutungslos. (Benutzer verwechseln den Asynchrongenerator häufig mit einem Synchrongenerator oder -lichtmaschine. Diese verfügen jedoch über eine eigenständige Klemmenspannung wenn sie rotieren und erfordern eine Synchronisierung, bevor sie mit dem Netz verbunden werden.

Erfordert die Green Machine einen weiteren Schutz vor dem Stromnetz?

Im Prinzip nein. Um aber den in der Green Machine integrierten Schutz zu erweitern, können Betreiber zusätzliche Netz- und Generatorschutzeinrichtungen installieren um Überspannung, Phasenasymmetrie, Spannungs- und Frequenzabweichung mithilfe einer Bechwith-Einheit oder ähnlichen Geräten überwachen. Die Anforderungen können je nach Stromversorgungsunternehmen oder Gemeinde unterschiedlich sein. ElectraTherm kann Sie bei allen spezifischen Anforderungen beratend unterstützen.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Wie geht die Green Machine in Betrieb?

Nach dem Anlaufen pumpt die integrierte Pumpe Arbeitsmedium (Kühlflüssigkeit) in den Verdampfer und beginnt den Systemdruck aufzubauen. Der Doppelschneckenexpander rotiert und beschleunigt den Generator. Wenn die Einheit die Synchrondrehzahl erreicht schließt ein Schütz und verbindet den nicht erregten Motor/Generator mit dem Netz. Es fließt ein Einschaltstrom und magnetisiert die Einheit (genau so, als wenn der Motor konventionell gestartet wird). Da der Generator bereits auf Drehzahl ist, ist kein großer Beschleunigungsstrom erforderlich. Mit zunehmendem Arbeitsmediumfluss wird aus dem Motor ein Generator und die Ausgangsleistung steigt langsam an. Die Ausgangsleistung steigt weiter bis die Grenze der verfügbaren Wärme oder die Nennleistung der Einheit erreicht ist.

Bedeutet der Betrieb jenseits der Synchrondrehzahl eine Überlastung des Rotors und der Lager?

Nein. Unsere speziell angefertigten Generatoren sind für diesen Betrieb ausgelegt.

Verändert sich die Ausgangsspannung und -frequenz durch Drehzahländerungen?

Nein. Das einzige, was sich wesentlich ändert ist das Drehmoment vom (Motorbetrieb) oder in (Generatorbetrieb) das Gerät. Das Stromnetz sorgt für die Spannungs- und Frequenzregelung und der Asynchrongenerator folgt dieser. Dies ist ein absolut anderes Verhalten als bei einem Synchrongenerator (Lichtmaschine).

Was geschieht bei einem Netzausfall? Wird der Asynchrongenerator zur Insel?

Nein. Die Green Machine kann nicht unabhängig betrieben werden. Im Fall eines Netzausfalls schaltet sich die Einheit automatisch ab und kann nicht wieder in Betrieb gehen, bis sich die Bedingungen des Netzes wieder normalisiert haben.

Die einzige mögliche Ausnahme besteht, wenn im örtlichen Netz eine hohe Kapazität (überschüssige Blindleistung) vorhanden ist und die Lasten unterhalb der Ausgangsleistung der Green Machine liegen.

In diesem Fall kann die Einheit für einige Sekunden im Betrieb verbleiben bis der damit verbundene Spannungs- oder Frequenzanstieg interne Fehlermeldungen und den Abschaltvorgang auslöst. Alternativ kann das empfohlene Netz-/Generator-Schutzrelais den Abschaltvorgang einleiten, sobald die Parameter nicht mehr eingehalten werden.

Was über die Rampenrate, Oberwellen, Flimmern und Leistungsfaktor? Wie sauber ist der Strom?

Die Elektronik der Green Machine steuert die Rampenrate. Unser Ausgangsbereich (30 bis 65 KW) ist im Vergleich zu Kraftwerksnormen sehr niedrig. Viele der Fragen, denen Sie bei Anschlussvereinbarungen gegenüberstehen, gelten für wesentlich größere Anlagen und treffen bei einer Green Machine nicht zu.

Asynchrongeneratoren sind keine wichtige Quelle von Oberwellen und die ausgegebene Spannung ist nahezu eine perfekte Sinuskurve. Wir haben niemals Probleme durch Flimmern oder Rauschen beobachtet. Computer und andere empfindliche Geräte funktionieren bestens an von einer Green Machine versorgten Stromkreisen.

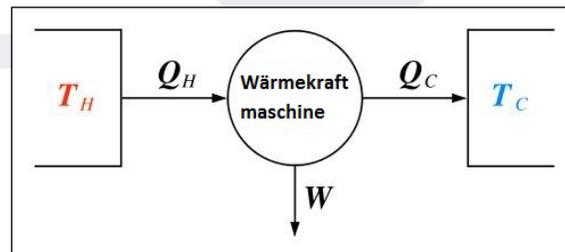
Welchen Leistungsfaktor benutzt ein Asynchrongenerator?

Die Green Machine von ElectraTherm verwendet integrierte Leistungsfaktor-Kompensationskondensatoren um den grundsätzlich niedrigen Leistungsfaktor des Asynchrongenerators auf einen Wert von 0,90 in Abhängigkeit von der Last zu verbessern. Siehe separate ElectraTherm Fragen und Antworten zum Leistungsfaktor.

Wirkungsgrad Green Machine

Die Hauptsätze der Thermodynamik begrenzen den Wirkungsgrad von jeder ORC-Technologie. Grundsätzliche Wirkungsgradgrenzen, durch die Physik vorgegeben, als auch die tatsächlichen Gegebenheiten der Entwicklung führen zu dem niedrigen Umwandlungswirkungsgrad bei Niedertemperatur-ORCs.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Wärmekraftmaschine zwischen einer Wärmequelle (T_H) und Kältequelle (T_C) betrieben wird. Damit die Maschine in Betrieb genommen werden kann, muss Wärme (Q) durch sie fließen. Damit die Wärme von der Wärmequelle zur Kältequelle fließt, muss ein Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle (T_H) und der Kältequelle (T_C) bestehen. Ein Teil des Wärmeflusses (Q) wird in nützliche Arbeit (W) umgewandelt. Der Rest wird in der Kältequelle (T_C), so wie in nachfolgender Abbildung dargestellt, „verschwendet“:



Die Erfahrung zeigt, dass bei allen nur vorstellbaren Motoren, unabhängig vom Design, ihr maximaler theoretischer Wirkungsgrad durch den Carnot-Wirkungsgrad (η) beschränkt ist, der wie folgt definiert wird:

— —

Wobei:

W ist die Energie, die das System als Arbeit, in unserem Fall elektrischer Strom, abgibt.

Q_H ist die in das System eingeleitete Wärmemenge.

T_C ist die absolute Temperatur des Kältevorrats (die Temperatur der Kältequelle).

T_H ist die absolute Temperatur des Wärmeevorrats (die Temperatur der Wärmequelle).

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/pef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Um den Carnot-Wirkungsgrad zu berechnen müssen sämtliche Temperaturen in Bezug auf den absoluten Nullpunkt angegeben werden. Z. B. müssen für Temperaturen in Celsius 273,15 hinzugefügt werden, um diese in Kelvin umzuwandeln. Für Fahrenheit müssen 459,17 hinzugefügt werden, um in Rankine umzurechnen. Ein maximaler, theoretischer Wirkungsgrad von 1 oder 100 % ist mathematisch erreichbar, wenn (T_C) dem absoluten Nullpunkt (0 °K) entspricht, oder (T_H) unendlich ist. Selbstverständlich können diese Bedingungen in einer Anwendung in der realen Welt nicht erreicht werden.

Die Temperaturbereiche von T_H und T_C , die Niedertemperatur-ORC-Systeme ermöglichen, arbeiten normalerweise mit niedrigeren Wirkungsgraden als Hochtemperatur-ORC-Systeme, da diese über eine höhere Temperatur der Wärmequelle T_H verfügen.

Dieser Carnot-Wirkungsgrad ist der absolute, physikalisch erlaubte Wirkungsgrad für jede Maschine, unabhängig von der Größe, Komplexität, investiertem Geld oder Zeit, um diese Maschine zu entwickeln.

Bei Anwendung dieses Grundsatzes für den Carnot-Wirkungsgrad, wird dieser hauptsächlich vom Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle (T_H) und der Kältequelle (T_C) und Verwendung der Gleichung $1 - T_C/T_H$ beeinflusst. Je höher der Temperaturunterschied zwischen T_H und T_C (ΔT) ist, desto höher ist der Wirkungsgrad. Dieser Wirkungsgrad ist ebenfalls das Verhältnis von W/Q_H oder produzierter abgegebener Arbeit (W) in Bezug zum eingehenden Wärmefluß (Q_H).

Wirkungsgrad Green Machine

Der Wirkungsgrad der Green Machine scheint niedrig zu sein. Trotzdem ist in Fällen, in denen heutzutage eine Wärmequelle durch Motorkühlwasser oder ein Prozessofenwärmeableitkanal „weggeschmissen“ wird, **der thermische Wirkungsgrad oder Green Machine gleich Null**. In vielen Fällen wird diese Abwärme nur in die Umgebung abgegeben, was bereits die Umwandlung nur einer geringen Menge dieser Abwärme in Elektrizität interessant und lohnenswert macht.

Gibt es Möglichkeiten, um den Wirkungsgrad eines ORC-Systems zu erhöhen?

Indirekt gibt es Möglichkeiten, um den Wirkungsgrad zu erhöhen. In der Praxis kostet die Erhöhung des Wirkungsgrades eines ORC-System eventuell mehr als was die zusätzliche Leistung einbringt. Trotzdem gibt es viele indirekte Möglichkeiten um den Wirkungsgrad es Systems als Ganzes in Formen zu erhöhen, die nicht einfach durch die Analyse des ORC erkannt werden können.

Maximaler Wirkungsgrad durch Erhöhung des Gesamtdeltas: $T(\Delta T) = T_H - T_C$.

Je größer diese Zahl ist, desto höher wird die Wirkungsgradgrenze sein. Für gewöhnlich ist es schwierig die T_C zu erhöhen, da diese von Umweltfaktoren wie Lufttemperatur, Kühlkörpertemperatur, usw. bestimmt wird. Auf der anderen Seite ist T_H häufig Gegenstand für eine Anpassung. Techniken, wie Abgaswärmetauscher auf Motoren, Kühlerthermostatänderungen, Betrieb eines Heißwasserkessels unter Druck oder Isolierung von Rohren können die Wärmeausgangstemperatur T_H erhöhen.

Dieses Dokument enthält Referenzinformationen von ElectraTherm über die Grundlagen der Betriebes und Anwendungen der ElectraTherm Green Machine. Dieses Dokument wird nicht für die Leistungsbeurteilung der Green Machine benutzt. Damit Daten für die Leistungsbeurteilung berücksichtigt werden können, besuchen Sie bitte www.electratherm.com/gef und stellen Sie Ihre Projektdaten für die Beurteilung bereit. Dieses Dokument darf nur von Personal von ElectraTherm, einem autorisierten ElectraTherm-Händler überreicht werden, oder Sie füllen die Kontaktinformationen aus und erhalten das Dokument online von der Website von ElectraTherm. Kein Teil dieses Dokuments darf entnommen oder außerhalb von ElectraTherm oder der aktuellen interessierten Parteien übertragen und verbreitet werden. Kein Teil dieses Dokuments darf reproduziert oder in irgendeiner Form oder zu jeglichen Zwecken übertragen werden, einschließlich der Abbildungen und Aufzeichnungen, ohne die schriftliche Genehmigung von ElectraTherm, Inc. für die eine Anfrage an das Unternehmen gestellt werden muss. Solch eine schriftliche Genehmigung muss außerdem erteilt werden, bevor jegliche Teile dieses Dokuments in einem Datenabfragesystem jeglicher Natur abgelegt wird.

Die Wiederverwendung von Kondensationswärme (Q_c), auch über 90 % der ursprünglichen Wärme (Q_H) endet hier.

Es gibt kein physikalisches Gesetz das besagt, dass Wärme vergeudet werden muss, sie muss nur bei einer Temperaturreduzierung durch die vom ORC ausgeführte Arbeit reduziert werden. Viele „Kaskaden“-Anwendungen sind geeignet, um Wärme zu reduzieren (Temperatur senken). Hierzu wird die vom ORC gelieferte „freie“ Abwärme verwendet, die in Wechselbeziehung zu den Heizkostensparnissen stehen kann.

Beispiele für „Kaskaden“, die für die Kondensationswärme in Green Machines in einem Bereich bis 49 °C (120 °F) eingesetzt werden:

- Gärungsheizung für Biogas und/oder Landwirtschaft/Abwasserbehandlung,
- Trocknung von Treibstoff für Biomasse,
- Vorheizer (temperieren) zur Luftaufbereitung für Gebäudebelüftungssysteme,
- Fußbodenheizung,
- Schwimmbadheizung,
- Vorheizer (temperieren) für Warmwasserversorgung in Wohnhäusern,
- Straßen-/Gewegheizung (Eisschmelzen),
- Heizung für Viehtrog und andere landwirtschaftliche Nutzungen,
- Aquakultur mit tropischen Arten (z. B. Bunt- und Schwarzbarsche),
- Kesselzusatzwasser-Vorheizung.