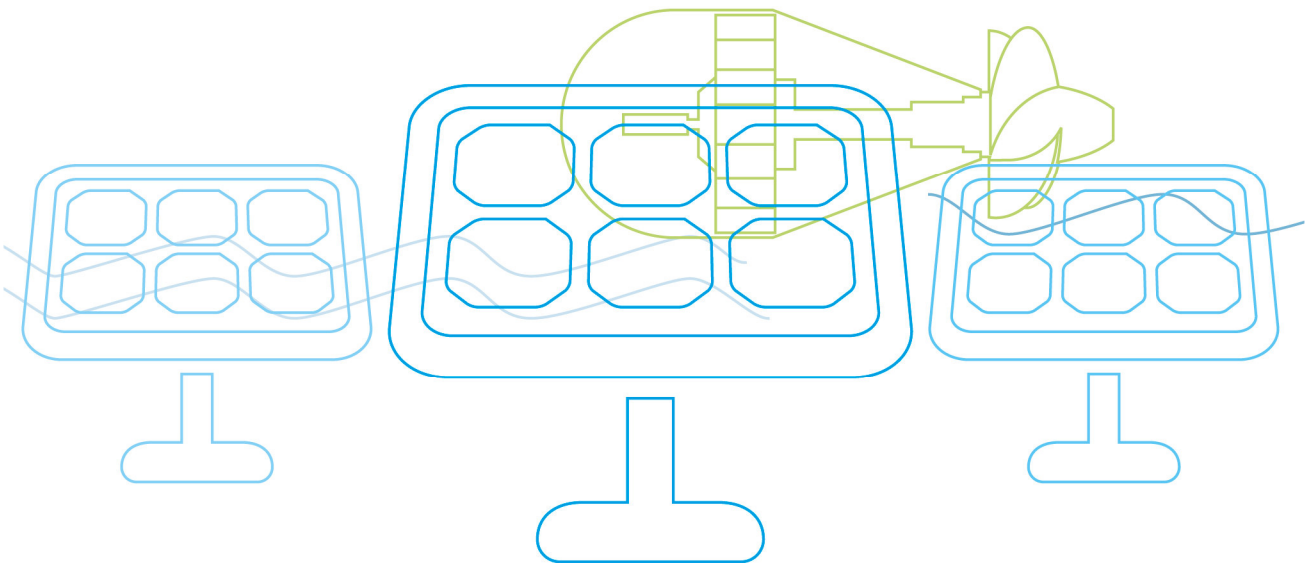




Hocheffiziente Mikro-Power Konverter für neuartige Wärmepumpen



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink that reads 'Theresia Vogel' in a cursive script.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

HEMPs

Hocheffiziente Mikro-Power Konverter für neuartige Wärmepumpen

AutorInnen:

M. Keding (FOTEC)

T. Ciepiela (OCHSNER)

H. Wiesmeier (HW-Energietechnik)

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
3	Inhaltliche Darstellung	6
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	12
5	Ausblick und Empfehlungen	12
6	Kontakt Daten	13

2 Einleitung

Die Kombination von Turbinen und Generatoren findet großtechnisch Anwendung in der Energiegewinnung aus Wasserkraft und Windkraft. Durch einen Forschungsauftrag der European Space Agency ist es uns mit Hilfe spezieller Herstellungsverfahren gelungen, ein Energiegewinnungssystem für miniaturisierte Weltraumantriebssysteme im Mikrobereich zu entwickeln. Dadurch wird der Gesamtwirkungsgrad des Systems um ca. 10 % verbessert. Das Kernstück des gesamten Systems ist dabei eine nur 30 mm große Turbinenschaufel, die mit Hilfe eines speziellen Laserbearbeitungsverfahrens hergestellt wurde. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des Mediums ist die Schaufel als neuartiges Hybridsystem (Kombination aus Gas und Wasserturbine) ausgeführt. Eine Leistung von 180 Watt bei 66.000 Umdrehungen pro Minute ist mit diesem System schon erreicht worden. Durch erfolgreiche Tests mit CO₂ konnten neue terrestrische Anwendungsgebiete wie der Einsatz in umweltfreundlichen CO₂-Wärmepumpen identifiziert werden. Aufgrund des innovativen Charakters ist dieses Projekt u. a. für den Karl Ritter von Ghenga - Preis 2009 in der Kategorie „Innovationsprojekte niederösterreichischer Forschungseinrichtungen“ nominiert worden. Mit unseren Mikroturbinen könnte es z.B. möglich sein, das Drosselventil einer Wärmepumpe zu ersetzen und dabei Strom zu produzieren. Ein weiteres Anwendungsgebiet sind neuartige FCKW-freie Klimaanlage, da sie auf einem ähnlichen technischen Prinzip basieren wie Wärmepumpen. Insgesamt gesehen kann mit einem flächendeckenden Einsatz miniaturisierter Energiekonverter die Effizienz von Klimasystemen deutlich verbessert werden, was wiederum zu einer Schonung von Ressourcen und einer Minderung der CO₂-Emissionen führt. Ziel dieser technischen Durchführbarkeitsstudie war die Vorbereitung der Experimentellen Entwicklung einer Mikroturbine zur Energierückgewinnung in neuartigen CO₂-Wärmepumpen. Dabei wurde mit Hilfe modernster Berechnungstools das vorhandene miniaturisierte System analysiert und an die Anforderungen einer Wärmepumpe angepasst. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse hat die Kosten und das Einsparungspotential für die jeweils gängigen Leistungsklassen von Wärmepumpen (2 – 200 kW Heizleistung) identifiziert. Ein weiterer Punkt beschäftigte sich mit den Einsatzmöglichkeiten für Klimaanlage mit speziellem Augenmerk auf mobile Applikationen. Am Ende des Projektes wurde in einer Roadmap die organisatorische Umsetzung, die wirtschaftliche und technische Machbarkeit und deren zeitliche Umsetzung und die benötigten Zertifizierungen dargestellt. Dies sind Grundvoraussetzungen für eine weitere erfolgreiche experimentelle Entwicklung und frühzeitige Ausrichtung auf einen zukünftigen Markt.

3 Inhaltliche Darstellung

Die bestehende Mikroturbine arbeitet jene Enthalpiedifferenz ab, die bei einer transkritischen CO₂-Wärmepumpe mit einer Nennleistung von 2 kW beim Entspannen vom Hochdruck- zum Niederdruckteil auftritt. Der Projektpartner (Fa. OCHSNER) bietet Wärmepumpen in einem Heizleistungsspektrum zwischen 2 kW - 1 MW an, wobei der Bereich zwischen 2 und 200 kW auf eine mögliche Implementierung der Mikroturbine untersucht werden soll. Grundsätzlich stellen die Druckdifferenz zwischen den Punkten 2 und 4 (vgl. Abbildung 2) und der Massenstrom die Eingangsgrößen für eine detaillierte Auslegung der Mikroturbine dar. Die im Folgenden angestellten prinzipiellen Überlegungen sollen zeigen, welche Größen den Kreisprozess wie beeinflussen, und welche als unveränderlich zu berücksichtigen sind. Eine thermodynamische Analyse zur Auslegung der Wärmepumpen für die geforderten Leistungen ist unumgänglich. Ein „upscale“ kann allerdings aufzeigen, worauf bei einer detaillierten Analyse zu achten ist. Der klassische Wärmepumpenkreisprozess (Plank-Prozess) beinhaltet eine adiabat wirkende Drossel zwischen Hoch- und Niederdruckteil der Anlage. Wird diese durch die Mikroturbine ersetzt, führt die isentrope Entspannung zu einer Reduzierung des Drucks, und die Enthalpiedifferenz kann in elektrische Energie umgesetzt werden. Der idealisierte Kreisprozess besteht daher aus zwei isobaren und zwei isentropen Zustandsänderungen. Der Verdampfer nimmt, bei konstanter Temperatur und konstantem Druck, Wärme im Zweiphasengebiet auf. Die untere Grenze der Temperatur hängt vom verwendeten Energiereservoir ab. Bei entsprechender Gestaltung des Wärmetauschers kann die Temperatur der Wärmeaufnahme beeinflusst werden, aber nicht geringer als die Temperatur des Reservoirs werden. Da die Wärmepumpe in Wohnhäusern Verwendung finden soll, sind das Grundwasser oder die Umgebungsluft mögliche Energiequellen. Wasser/Wasser Wärmepumpen bedienen sich des Grundwassers, deren Temperatur um die 10°C liegt. Die geringe Schwankung begünstigt die Optimierung des Kreisprozesses für diesen Betriebspunkt. Luft/Wasser Wärmepumpen nutzen die Energie der Umgebungsluft, die starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen unterliegt. Diese Wärmepumpen müssen über einen breiten Temperaturbereich einen akzeptablen Wirkungsgrad aufweisen. In beiden Fällen ist das untere Temperaturniveau des Kreisprozesses durch den jeweiligen Anwendungsfall vorgegeben, und kann nicht beliebig verändert werden. Der transkritische Wärmepumpenprozess zeichnet sich durch eine isobare, nicht-isotherme Wärmeabfuhr im Gaskühler aus. Im Gegensatz zu herkömmlichen Wärmepumpen erfolgt die Wärmeabfuhr über dem kritischen Punkt des verwendeten Kältemittels CO₂ (R744). Um die abgegebene Heizleistung zu erhöhen kann entweder der Massenstrom, oder die Enthalpie-Differenz vergrößert werden. Grundsätzlich könnte die Lage der Punkte des Wärmepumpenkreisprozesses verändert werden, aber einfacher ist die Erhöhung des Massenstroms im System. Die Veränderung der entsprechenden Rohrquerschnitte beeinflusst den Massenstrom. Zu berücksichtigen sind allerdings die auftretenden Wandreibungsverluste im Rohr, sowie die Verluste in den verschiedenen Rohrleitungselementen. Die Verluste machen eine höhere Druckdifferenz notwendig, um den geforderten Massenstrom zu garantieren.

Der große abzuarbeitende Druckunterschied bei gleichzeitig kleinem Massenstrom favorisiert den Einsatz einer Gleichdruckturbine. Die Druckdifferenz wird in einer vorgeschalteten Laval-Düse vollständig in kinetische Energie umgewandelt. Momentan wird das Rad nur mit einem Strahl beaufschlagt, aber die vertikale Anordnung der Welle ermöglicht mehrere Düsen am Umfang anzubringen. Diese Ausführung wird bei Pelton-turbinen verwendet, wenn ausreichend Volumenstrom zur Verfügung steht. Für die Mikroturbine könnte das gezielte Zu- oder Wegschalten einzelner Düsen dazu verwendet werden, um die Turbine zu regeln. Zusätzlich wirkt sich die Beaufschlagung an mehreren Stellen positiv auf die Belastung der Lager aus, weil sich entsprechende Biegemomente aufheben. Die Düsennadel wird bei Peltonanlagen zur Regelung verwendet. In wie weit diese Regelung bei den geringen Abmessungen der Mikroturbine realisierbar ist, muss genauer analysiert werden. Die bis jetzt getesteten Mikroturbinen mit einer Leistung von 182W arbeiten jene Druckdifferenz ab, die bei den kleinsten Wärmepumpen (2kW) der Fa. OCHSNER auftreten. Es ist zu erwarten, dass bei größeren Wärmepumpen der Einsatz der Mikroturbine wirtschaftlich ist. Die Dimension der gesamten Mikroturbine wird im Vergleich zur vorhandenen Anlage schätzungsweise um den Faktor 5 größer. Die fertigungstechnischen, also auch die konstruktiven Probleme werden durch die größeren Abmessungen der Turbine verringert. Konstruktive Details aus dem Gasturbinenbau können die Laufschaufel der Mikroturbine verbessern. Einzeln gefertigte Schaufeln, die mit sogenannten Tannenbaumprofilen mit der Nabe formschlüssig verbunden werden, würden den Fertigungsprozess vereinfachen. Mit diesem Verfahren können auch kompliziertere Schaufel-Geometrien verwirklicht werden, die die kinetische Energie besser ausnutzen. Die kleinen Abmessungen der Turbinenschaufeln und der Düse verhindern den Einsatz herkömmlicher Fertigungsverfahren. Die bereits realisierte Turbinenschaufel wurde mit einem speziellen EDM-Verfahren (Draht-erodier-Verfahren) hergestellt, und kostete trotz der einfachen Geometrie (Kreisbögen) um die 5000€ pro Schaufelrad. Alternativ könnte das Metall-Laser-Sinterverfahren verwendet werden, dass auch komplizierte Schaufel-Geometrien erlaubt. Ein Laufrad gefertigt von der Fa. TEUFEL Prototypen wurde mit dem Lasersinter-Verfahren hergestellt. Aufgrund der rauen Oberflächen sind auf jeden Fall spanende Nachbearbeitungsschritte notwendig, um die Oberflächengüte als auch die Passungen fertigen zu können. Die Herstellung eines Rohlings kostet ungefähr 125€, bei einer Losgröße von 100 Stück. Mit der entsprechenden spanenden Nachbearbeitung entstehen Kosten pro Bauteil von 260€. Zusammen mit der notwendigen Nachbearbeitung ist dieses Fertigungsverfahren weit günstiger als die Fertigung mit dem EDM-Verfahren. Für eine Serienfertigung in großen Stückzahlen >1000Stk ist das Metal-Injection-Molding (MIM) eine Möglichkeit der Herstellung der Turbinenschaufel. Bei diesem Verfahren ist die Konstruktion nach den Herstellerrichtlinien zu gestalten, da z.B. auf die Ausformbarkeit des Rohlings zu achten ist. Vorteil beider innovativen Fertigungsverfahren ist die Möglichkeit auch kompliziertere Schaufel-Geometrien zu realisieren. Mit den entsprechenden Vorgaben der Fa. OCHSNER (Massenstrom und Druckdifferenz) kann eine detaillierte CFD-Analyse bei der Auslegung der Schaufelform hilfreich sein. Diese optimierte Form der Schaufeln würde die kinetische Energie des Mediums besser ausnutzen, und somit den Gesamtwirkungsgrad der Anlage erhöhen. Bei beiden Verfahren ist die Wahl der Materialien an die geforderten Materialeigenschaften des Endprodukts anzupassen.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz einer Mikroturbine in einem Wärmepumpenkreislauf untersucht. Dabei stellt die Mikroturbine einen Ersatz zum bisher bestehenden Drosselventil innerhalb des Kreislaufes dar. Dies führt zu einer markanten Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems, da die daraus gewonnene Energie dem Gesamtsystem wieder zugeführt werden kann (z.B. als Eingangsstrom für den Kompressor). Je nach Größe der verwendeten Wärmepumpe, ergeben sich unterschiedliche technische, sowie wirtschaftliche Faktoren, welche einen Einsatz einer Mikroturbine mehr oder weniger nahelegen. Ziel war es, jene Leistungsklassen von Wärmepumpen herauszufinden, in denen der Einsatz der Mikroturbine also Drosselventilersatz sinnvoll ist. Dafür war es notwendig, die Mikroturbine der jeweiligen Leistungsklasse anzupassen und entsprechend auszulegen. Um das Verhalten der relevanten physikalischen Größen einer Mikroturbine unter Skalierung zu bestimmen, sind folgende Ein- bzw. Ausgangsparameter von Interesse:

Input:

- Druck
- Massenfluss
- Temperaturdifferenz

Output:

- Druck
- Massenfluss
- Umdrehungszahl des Schaufelrades

Da die, von einer Mikroturbine erbrachte Leistung maßgeblich auch von dem verwendeten Generator abhängt, ist eine Leistungsangabe nur qualitativ möglich. Da in der hier vorliegenden Machbarkeitsstudie der Einsatz einer Mikroturbine als Ersatz für ein Drosselventil in einem Wärmepumpenkreislauf untersucht wird, sind die Ein- bzw. Ausgangsgrößen durch die Art der verwendeten Wärmepumpe festgelegt. Geometrische Überlegungen zur Auslegung der Mikroturbine werden durch rein physikalische Aspekte angestellt, da diese unabhängig von der Machart der Wärmepumpe sind und somit eine kontinuierliche „Scale-Up“ Analyse ermöglichen. Um den „Scale-Up“ auch hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit zu untersuchen, wurden drei Testszenarien erstellt, in denen jeweils eine existierende Wärmepumpe und ein Generator mit realistischen Kenngrößen als Ausgangspunkt verwendet werden. Der zu erwartende Output an Leistung wird aus den errechneten Modellparametern sowie einem Wirkungsgrad, welcher sich aus dem Produkt der Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten ergibt, bestimmt. Aufgrund von möglichen Schwankungen am Markt können über die anfallenden Kosten nur qualitative Aussagen getroffen werden. Dabei wurde jedoch besonderes Augenmerk auf mögliche Einsparungspotentiale gelegt, da diese als relative Größen in die Kostenreduktion eingehen und somit eher unempfindlich gegen Schwankungen am Markt sind.

Abgesehen von Kleinteilen, die in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden (Schrauben, Dichtungen, ...), besteht die Mikroturbine aus a) dem Schaufelrad, b) der Lagerung, c) der Düse(n), d) dem Gehäuse und e) dem Generator. Für jede dieser Komponenten wurde separat eine Kostenabschätzung durchgeführt. Sofern möglich, wurden handelsübliche Komponenten zur Abschätzung des Preises herangezogen. Aufgrund nur ungenügend vorliegenden Daten (Stückzahl, mögliche Einschränkungen bei Gehäusegeometrie und Material,...) wurden, sofern vorhanden, Vergleichsdaten von bereits bestehenden Systemen als Ausgangsbasis benutzt. Je nach Herstellungsverfahren ergeben sich beim Schaufelrad zum Teil erhebliche Kostenunterschiede. Wie bereits festgestellt wurde, erlauben die oft kleinen Dimensionen der Turbine nur den Einsatz von sehr aufwendigen Herstellungsverfahren (EDM, SLS). Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Größe der Mikroturbine, welche für den Einsatz innerhalb der Wärmepumpe in Frage kommt (natürlich abhängig von der gewünschten Leistungsklasse), auch weniger aufwendige Verfahren zu Herstellung des Schaufelrades ermöglichen. Hier sei z.B. das sogenannte Metal Injection Molding (MIM) Verfahren erwähnt, mit welchem man auch komplizierte Geometrien in hoher Stückzahl produzieren kann. Da sich die Materialkosten, im Unterschied zu den Herstellungsverfahrenskosten, nur gering und noch dazu linear mit der Größe der Mikroturbine ändern, kann man den Preis für die Konstruktion der kleinsten Turbinenschaufel als Worst-Case Szenario annehmen. Die momentan verwendete Turbinenschaufel kostet trotz einfacher Geometrie ca. 1900 €, da sie mittels EDM-Verfahren hergestellt werden musste. Für größere Turbinen gibt es bereits einige Anbieter die auch Schaufelräder vom Typ "Turgo" bereits serienmäßig anbietet. Die Firma Hartvigsen-Hydro bietet bereits Turgo Schaufelräder ab ca 200 € (149mm–198mm Schaufelraddurchmesser, 24 Schaufeln). Man sieht hieraus schon, dass eine genaue Kostenangabe für die Turbinenschaufel erst bei Kenntnis der genauen Maße möglich sein wird. Eine grobe Abschätzung kann nur unter Vorbehalt abgegeben werden und liegt ca. bei 1000 €. Für die Lagerung steht eine Fülle an Möglichkeiten zu Verfügung. Dem höheren Preis von qualitativ hochwertigen Lagern stehen die dadurch verringerten Wartungskosten gegenüber. Günstige Rillenkugellager gibt es bereits ab 50 € á 2 Lager. Diese haben allerdings nur eine sehr beschränkte Lebensdauer (stark drehzahlabhängig) und sind für einen Dauerbetrieb eher nicht geeignet. Wartungsfreie Lager sind in der Anschaffung teuer, dafür liegt die Lebenszeit solcher Lager oftmals weit über der Gesamtlebensdauer des Geräts oder zumindest über dem Intervall von möglichen Generalüberholungen, sodass sich deren Einsatz auf lange Sicht durchaus rentiert. Mögliche Varianten solcher wartungsfreier Lager stellen zum Beispiel aktive Magnetlager dar. Auch hier gibt es bereits Firmen, die serienmäßig Lager in großer Stückzahl produzieren. Die in den USA ansässige Firma Synchrony Inc. sowie die schwedische Firma SKF produzieren Magnetlager welche den in Frage kommenden RPM Bereich abdecken. Der genaue Preis lässt sich auch hier nur unter Kenntnis der genauen Eckdaten ermitteln. Es ist allerdings davon auszugehen, dass der Preis zwischen 100€ und 500€ liegen wird. Lavaldüsen gibt es von einer Vielzahl an Herstellern. Auch hier hängen die Produktionskosten maßgeblich von dem Herstellungsverfahren ab. Sofern man auf serienmäßig produzierte Düsen zurückgreifen kann, liegt der Preis für eine Lavaldüse bei ungefähr 50€. Auch hier bietet die Firma Hartvigsen-Hydro bereits serienmäßig Lavaldüsen an. Die Problematik bei der Produktion von Gehäusen liegt auch hier in den unterschiedlichen Herstellungsverfahren. Ein weiterer wichtiger Faktor ist zusätzlich noch die Kompatibilität zum Gesamtsystem. Vor allem der letzte Punkt macht eine Kostenabschätzung zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, Qualitativ lässt sich jedoch annehmen, dass das Gehäuse ein verschleißfreies Teil mit de facto unbegrenzter Lebensdauer ist. Die

entstehenden Kosten sind somit “nur” ein konstanter Beitrag zu den Anschaffungskosten. Die Wahl eines geeigneten Generators beeinflusst maßgeblich die Wirtschaftlichkeit der Mikroturbine. Dabei ist nicht nur die Umdrehungszahl (RPM), sondern auch das wirkende Drehmoment des Schaufelrades zu berücksichtigen. Eine genaue Abstimmung dieser beiden Komponenten ist daher ein essentieller Schritt beim Design der Mikroturbine. Eventuell ist auch eine genaue Absprache mit dem Turbinenhersteller notwendig. Bisher musste man auf bürstenlose DC-Motoren zurückgreifen, da für die derzeitige Mikroturbine kein adäquater Generator handelsüblich erhältlich war. In Kottlingbrunn befindet sich diesbezüglich die Firma Jakadofsky GmbH, welche Turbogeneratoren im niedrigen kW-Bereich bauen. Eine Kooperation kann hier durchaus sinnvoll sein. Unverbindlich wurde uns mitgeteilt, dass Generatoren mit 30.000 RPM bei 10-12 kW Leistung ungefähr 1.500€ – 2.000€ kosten würden. Dabei handelt es sich allerdings um den Prototypenpreis. Es ist daher davon auszugehen, dass sich der Preis für den serienmäßigen noch merklich reduzieren wird. Das derzeitige System mit der Faulhaber DC-Motorvariante kostet ca. 300€. Anschaffungskosten Gesamtsystem :

Eine kurze Überschlagsrechnung ergibt dann für die Anschaffungskosten:

Schaufelrad	1.000 €
Lagerung	250 €
Düse	100 €
Generator	1.500 €
Gehäuse	800 € (Annahme)
Gesamtpreis:	3.650 €

Der errechnete Gesamtpreis soll hier lediglich als Basis für die ROI-Analyse verwendet werden. Der tatsächliche Preis kann erst bei genauer Planung der Mikroturbine festgestellt werden.

Je nach Lagerung können unterschiedliche Erhaltungs-Kosten entstehen. Bei Rillenkugellagern sind unter Umständen Wartungsintervalle von wenigen 1.000 Stunden möglich. Bei der Mikroturbine als Stand-Alone Variante lassen sich die Lager relative leicht tauschen. Trotzdem muss hier natürlich auch die Arbeitszeit berücksichtigt werden. Somit kann ein Tausch von Kugellagern durchaus im Bereich von 200€ liegen (50€-100€ Kugellager, 100€-150€ Arbeitszeit). Bei der Verwendung von wartungsfreien Magnetlagern fallen diese Kosten weg. Für den Dauerbetrieb sind daher wartungsfreie Lager empfehlenswert. Die restlichen Komponenten der Mikroturbine sollten ohne Wartung auskommen, weshalb hier keine weiteren Kosten entstehen. In einer RETURN ON INVESTMENT (ROI) Analyse wurde aufgezeigt, nach wie vielen Betriebsstunden sich die Kosten für die Mikroturbine amortisiert haben. Die Kosten für den Einbau sowie Arbeitszeit wurden hier nicht berücksichtigt. Als Ausgangspunkt dienen die Testszenarien sowie der Gesamtpreis der Turbine. Dieser wurde für alle 3 Szenarien als fix angenommen. Die höheren Materialkosten für größere Turbinen sollten sich durch die günstigeren Herstellungsverfahren nahezu ausgleichen, weshalb diese Annahme für eine erste Rechnung durchaus gerechtfertigt ist. Das folgende Diagramm zeigt, dass sich für Szenario 2 bzw. 3 die Anschaffungskosten nach 15000 bzw. 5000 Betriebsstunden amortisiert haben. Bei höheren Anschaffungskosten verschiebt sich dieser Punkt natürlich nach hinten, liegt aber trotzdem noch bei weitem innerhalb einer sinnvollen Zeitspanne für den Einsatz innerhalb einer Wärmepumpe. Aufgetragen wurde die Ersparnis (in Euro) über den Betriebsstunden.

Neue Energien 2020 - 4. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

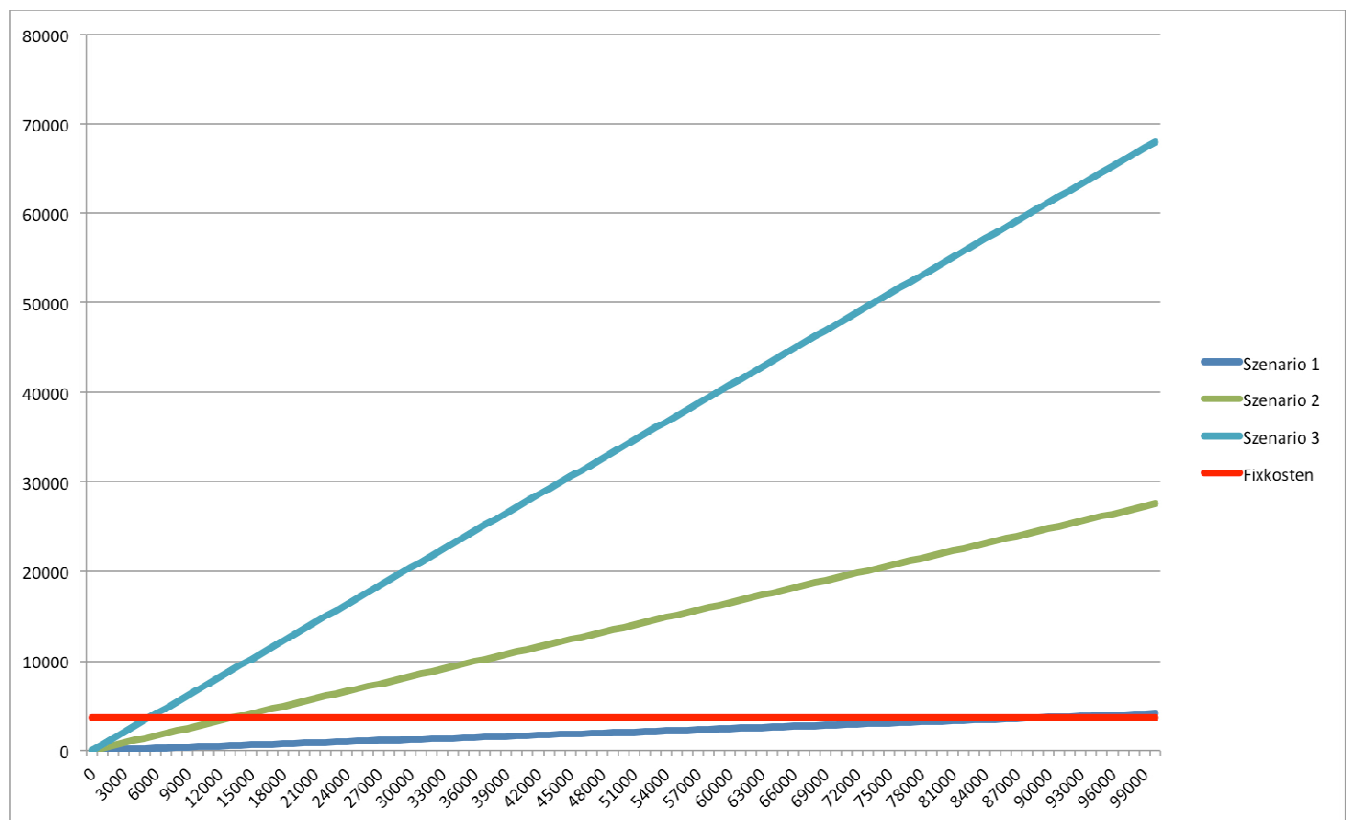


Abbildung: ROI-Analyse

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Bisher wurde das Hauptaugenmerk auf die technische Machbarkeit der Mikroturbine und des Generators gelegt. Die gefundene technische Lösung ist ein erster guter Ansatz. Allerdings fehlen noch wesentliche Elemente um die Mikroturbine in ein Wärmepumpensystem einbauen zu können. Weiters ist zu bedenken, dass es derzeit am Markt kaum Wärmepumpen gibt die mit dem Kältemittel CO₂ betrieben werden. Es soll daher auch die mögliche Anwendung von anderen Kältemitteln untersucht werden, die heute hauptsächlich verwendet werden wie R407c, R134a und R410a. Besonders zu erwähnen sind da noch die neuen Low GWP Kältemittel HFO-123yf und 1234ze. Da der Mikro Power Konverter als Ersatz für das Expansionsventil gedacht ist, so zu sagen als Expansionsventil das Energie in das System zurückliefert, sollte nicht nur die Anwendung in Wärmepumpensystemen mit Heizbetrieb, sondern auch die Anwendung im Kühlbetrieb und in der Klimatisierung sowie bei Wärmerückgewinnungsprozessen mit betrachtet werden. Weil auch bei diesen Anwendungsfällen eine Effizienzsteigerung mit diesem System möglich ist. Für die Funktion der Mikroturbine in einem realen Wärmepumpen oder Kältekreislauf mit variablen Betriebsbedingungen fehlen noch einige Komponenten die im nächsten Kapitel „Vorschläge für weitere Entwicklungsmöglichkeiten“ aufgeführt sind.

5 Ausblick und Empfehlungen

Das Einsparungspotential das durch die Mikroturbine erreicht werden kann ist enorm. Es sollen daher folgende Schritte gesetzt werden:

- Erweiterung der Verwendung des Mikro Powerkonverters mit CO₂ auf alle derzeit gängigen Kältemittel wie R134a, R407c, R404a, R410a sowie auch auf die neuen Low GWP Kältemittel HFO-123yf und 1234ze (diese Aufzählung nennt die wichtigsten Kältemitteltypen, ist aber nicht vollständig).
- Erweiterung der Anwendung des Mikro Powerkonverters mit CO₂ bei Wärmepumpen auch auf Wärmepumpen mit Kühlbetrieb, sowie Klimatisierung, Wärmerückgewinnungsprozesse und Sonderanwendungen. Die energetischen Vorteile sind im Anhang beschrieben.
- Entwicklung einer Expansionsturbineneinheit die als Ersatz für ein elektronisches Expansionsventil eingebaut werden kann, nur dass sie zusätzlich ein Stromliefer-Kabel beinhaltet, welches elektrische Energie in die Zuleitung zum Kompressor liefert. Eine solche Expansionsturbineneinheit soll für einen ähnlichen Leistungs- und Druckbereich wie ein Expansionsventil eingesetzt werden können. Mit diesen Eigenschaften würde die Expansionsturbineneinheit in mehreren hunderttausend von Anlagen einsetzbar sein.

IMPRESSUM

Verfasser

FOTEC – Forschungs- und
Technologietransfer GmbH
Viktor Kaplan-Strasse 2
2700 Wiener Neustadt
Tel. +43 (2622) 90333-60
Fax +43 (2622) 90333-99
E-Mail: keding@fotec.at
Web: fotec.at

Projektpartner

OCHSNER Wärmepumpen GmbH
HW-Energietechnik

AutorInnen

M. Keding (FOTEC)
T. Ciepiela (OCHSNER)
H. Wiesmeier (HW-Energietechnik)

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch
die Forschungsförderungsgesellschaft
(FFG) sind für die Weiternutzung der hier
enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH