

## Energiegewinn bei geringen Temperaturdifferenzen - Forschung an der HTWK Leipzig



Ausstellung auf der Hannover-Messe 2014  
Bewerbung zum „Deutschen Nachhaltigkeitspreis“

Projektgruppe:

Eric Timmermann, M.Eng.; Alexander Knut M.Eng.; Heiko Engelhardt, M.Eng.;  
Prof. Dr.-Ing. Detlef Riemer, Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Wozniak

Das Ziel des Forschungsprojektes STIRTAC an der Fakultät Maschinenbau und Energietechnik der HTWK Leipzig ist die

### **Entwicklung einer wirtschaftlichen, kleinskaligen Wärmekraftmaschine für geringe Temperaturdifferenzen.**

Auch wenn prinzipiell die Umwandlung von Niedertemperatur-Wärme in mechanische oder elektrische Energie physikalisch bedingt nur mit kleinem Wirkungsgrad möglich ist: Am Ende vieler industrieller Prozesse verbleibt eine große Menge thermischer Energie, welche bisher nicht weiter genutzt wird – Abwärme. Auch geo- und ungebündelte solarthermische Energie liegen auf derart niedrigem Temperaturniveau aber in hoher Quantität vor. Bisherige Lösungen (ORC-Anlagen) werden erst ab etwa 100K Temperaturdifferenz und 50kW elektrischer Leistung eingesetzt. Daher verbleiben gerade die häufig vorhandenen, kleinen niederkalorischen Wärmequellen ungenutzt. Das Ziel des Projektes ist es, diese technologische Lücke zu schließen. Dabei spielt neben der Erzeugung (und Einspeisung) elektrischer Energie auch die direkte Nutzung der erzeugten mechanischen Energie eine Rolle. Im konkreten Fall soll die Abwärme eines Druckluftheizers einer lokalen Gießerei genutzt werden, um dessen eigenen Wasserkreislauf anzutreiben. So lassen sich neben den Energie- auch die Investitionskosten einer extern versorgten Pumpe einsparen. Diesem Prinzip folgend könnten Heizungspumpen bzw. Ventilatoren zur „Wärmevernichtung“ von Wärmepumpen (dazu gehören auch

Kälteanlagen) durch die Umwandlung eines Teils der transportierten thermischen Energie angetrieben werden. Diese Effizienzsteigerung ist ein wichtiger Baustein auf dem Weg zur „Green Economy“. Im Anwendungsfeld einer solchen Maschine liegt zudem das solarthermisch angetriebene Pumpen von Wasser aus Brunnen in strukturschwachen Gebieten. Hier könnte auf globaler Ebene ein Beitrag zur Umsetzung des „Rechtes auf Zugang zu sauberem Wasser“ geleistet werden.

**Das Projekt STIRTAC strebt Lösungen an, welche sich dem großen Bedürfnisfeld „Energieeinsparung“ zuordnen lassen.**

Eigentlich immer präsent, ist es doch in den letzten Jahren aufgrund steigender Energiekosten und wachsender Sensibilisierung gegenüber Umwelteinflüssen wieder zunehmend in den Mittelpunkt gerückt. „Energie einzusparen“ ist eng mit „Umwelt entlasten“ und „Kosten einsparen“ verbunden. Die Nutzbarmachung von Abwärme zur kleinskaligen Stromerzeugung oder zum Pumpen von Medien kann in diesem Rahmen sicherlich nur einen kleinen Beitrag leisten. Zudem ist hervorzuheben, dass es immer noch am effizientesten ist, die Entstehung von Abwärme zu vermeiden. Dennoch werden für eine ganze Reihe von industriellen Prozessen und technischen Geräten kleinskalige Möglichkeiten zur Abwärmenutzung gesucht. Dies ist u.a. daran erkennbar, dass technische Lösungen dafür prinzipiell seit der industriellen Revolution immer wieder entwickelt, untersucht und patentiert werden. Das innovative am erfolgreichen Forschungsprojekt: Statt sich mit einer der unzähligen Möglichkeiten zur Umwandlung von Wärme in Arbeit zu beschäftigen, wurden vom physikalischen Grund her sämtliche bekannte Funktionsstrukturen und Wirkprinzipien aufgeschlüsselt. Damit konnte sowohl der Stand der Technik in seiner Breite aufgedeckt und kategorisiert als auch Grundlagen für neue Lösungen geschaffen werden. Unser gesamtes Wetter ist beispielsweise Art eine „globale Wärmekraftmaschine“ mit Windrädern als Turbinen zur energetischen Ausbeutung. Wärmerohre sind ebenso im Prinzip nichts anderes als Wärmekraftmaschinen. Insgesamt sind die Ergebnisse vieler anderer Forschungsbereiche in diesem Projekt gebündelt worden, sodass ein äußerst nachhaltiger Wissenszuwachs bezüglich dieser global wichtigen Thematik – dem komplexen Gesamtkonstrukt „Wärmekraftmaschine“ – realisiert werden konnte.

**Die Lösung muss enormen Anforderungen gerecht werden:**

Etwa wirtschaftlichen Kriterien standhalten, wartungsfrei funktionieren und keine Gefährdung für Mensch und Umwelt darstellen. Aus Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit und der Finiten-Zeiten-Thermodynamik wurde klar, dass der Leistungsoutput der Maschine maximiert werden sollte und dass dazu interne Widerstände mechanischer und thermischer Natur minimiert werden müssen. Ähnlich wie bei anderen regenerativen Energiequellen stellt der Wirkungsgrad nicht die entscheidende Größe zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dar. Überlegungen zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit brachten folgende Idee hervor: Der Einsatz als Wasserpumpe könnte Investitionskosten sowohl für einen elektrischen Generator der Wärmekraftmaschine als auch für eine elektrisch angetriebene Pumpe vermeiden. Im weiteren Entwicklungsprozess hat die Physik Antworten auf die Frage nach theoretisch möglichen Arbeitsmedien gegeben. Interessanterweise kommt von diesem Standpunkt her beinahe die gesamte Materie in Frage. Zur Favoritenfindung mussten sowohl die Arbeitsfähigkeit der Arbeitsmedien als auch Widerstände für deren Transport und Wärmeübertragung zusammengetragen und evaluiert werden. Aus diesen Forschungen wurde klar, dass exotische Medien und Prinzipien, wie

etwa magneto- und elektrokalarische, zumeist wegen zu hoher Materialkosten unseren Anforderungen nicht gerecht werden würden. Die Haupteckdaten waren: „Einfach ist gut.“ Das Projekt verfolgt seitdem zwei Hauptrichtungen: Die Entwicklung einer Maschine auf der Basis von Festkörpern, konkreter: Formgedächtnislegierungen (zum Beispiel Nitinol), und einer mit einem siedendem Fluid. Erstere überzeugen durch außerordentlich hohe Arbeitsfähigkeit und geringe Widerstände bei Transport und Wärmeübertragung. Da es bereits reichhaltige Entwicklungen zu sogenannten Nitinol-Maschinen gab, wurde hier das vielversprechendste Prinzip aufgegriffen: ein Schrägscheibenantrieb. Seitdem liegt der Fokus der Entwicklungen auf Beseitigung der Schwachstelle der Formgedächtnis-Drähte – die Wartungskosten. Dazu wurde ein neuartiges Befestigungsprinzip entwickelt, was ein einfaches Austauschen von Drähten ermöglicht und in einem ersten Modell erfolgreich umgesetzt wurde. Daran werden derzeit Messungen hinsichtlich der Leistung und des Wartungsaufwandes bei verschiedenen Bedingungen durchgeführt. Parallel werden Laborversuche zur Langlebigkeit und zum Wartungsprozess von Formgedächtnisdrähten vorgenommen.

**Der bilaterale Kontakt zur Industrie stellt von Anfang an einen wichtigen Teil des Projektes dar.**

So liefert die nahegelegene Gießerei Kessler in Leipzig mit einem Druckluftherzeuger einen idealen Anwendungsfall für die geplante Wärmekraftmaschine. Die durchgeführten Messungen und ermittelten Anforderungen lieferten wichtige Erkenntnisse bei der Entwicklung der technischen Lösung. Die Gießerei verfügt über viele weitere Abwärmequellen, welche perspektivisch noch erschlossen werden können und sollen.

Das Forschen zu diesem komplexen Thema ist vor allen Dingen auf Nachhaltigkeit sowie konkreten wirtschaftlichen Zielstellungen orientiert. Sehr häufig lassen sich ganz klare Problemstellungen ableiten, welche durch das Einbeziehen verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen (etwa Mathematik, Physik und Chemie) gelöst werden können. Eigene Forschungsergebnisse werden regelmäßig in wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht. So konnten etwa die Ergebnisse der theoretischen Arbeiten während eines Vortrages im Rahmen des 20. Energiesymposiums in Stralsund bekannt gegeben werden. Desweiteren werden regelmäßig Pressemeldungen über die Pressestelle der HTWK Leipzig herausgegeben.

Die Gießerei Kessler in Leipzig ist Teil eines Netzwerkes, sodass ein erfolgreicher Einsatz der entwickelten Wärmekraftmaschine schnell weitere Anwender interessieren wird. Zudem wurde ein Demonstrator auf der Hannovermesse 2014, der weltweit größten Industriemesse, ausgestellt. Dort erhielt das Projekt ein ausgezeichnetes Feedback und konnte seinen Bekanntheitsgrad in der Industrie nachhaltig erhöhen. Es besteht reger Kontakt mit vielen Industriepartnern.

Eric Timmermann