



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

Jahresbericht 15.11.2013

---

# **Konzept / Machbarkeitsstudie eines 50kW-TEG-Moduls im Schwerindustrienumfeld**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien & -anwendungen  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer:**

Firma Main GmbH  
Wassbergstrasse 28  
CH-8127 Forch  
[www.main-switzerland.com](http://www.main-switzerland.com)

**Autoren:**

Heinrich Marti, Main GmbH, [marti@main-switzerland.com](mailto:marti@main-switzerland.com)  
Dr. Andre Heel, ZHAW Winterthur, [andre.heel@zhaw.ch](mailto:andre.heel@zhaw.ch)

<b>BFE-Bereichsleiter:</b>	Dr. Michael Moser
<b>BFE-Programmleiter:</b>	Roland Brüniger
<b>BFE-Vertragsnummer:</b>	SI/500942-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

## Projektziele

Projektziele sind die Erarbeitung eines Konzeptes und des Engineerings auf Basis einer Machbarkeitsstudie für ein integrales 50kW TEG-Modul, unter Verwendung von bevorzugt kommerziell erhältlichen TEG-Modulen, für die direkte Rückgewinnung von elektrischer Energie aus Wärmeenergie im Umfeld der Schwerindustrie, respektive einer Giesserei oder einem Stahlwerk.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die Arbeiten sind Mitte September 2013 aufgenommen worden. In bisher 3 Projektbesprechungen hat sich das Team gegenseitig über den Stand der Technik orientiert, deren Einsatzbereiche abgeklärt und mögliche Anwendungen und Konstruktionsprinzipien und deren Limitierung definiert. Die einzelnen Themengruppen des Teams haben sich seither den in den Gesprächen zugeordneten Aufgaben gewidmet:

- Potentielle Konzeptstudie für die unterschiedlichen Anwendungen wurde eruiert und skizziert.
- Eine erste TEG-Modulauswahl mit detaillierten Materialangaben, Kennwerten, Betriebsparametern und Applikationen wurde getroffen.
- Erarbeitung der physikalischen und thermodynamischen Grundlagen und deren Integration in ein Berechnungs- und Auslegungstool, zur Abschätzung von Wirkungsgraden unter Berücksichtigung der Konstruktionsprinzipien und Betriebsbedingungen.
- Sicherstellung eines optimalen Wärmetransfers auf Seite der Wärmequelle und Wärmesenke (Hochtemperaturwärmeleitpaste, Anpresskraft, etc.).
- Dichtprinzip der Module gegenüber dem Kühlmedium der Wärmesenke.
- Evaluation der Serien bzw. Parallelverschaltung der TEG-Modulmatrix und deren Zweckmäßigkeit und Resistenz gegenüber einem möglichen Defekt von einzelnen TEG-Modulen. Minimierung des Leistungsverlustes des 50kW TEG-Generators.

## Nationale Zusammenarbeit

An dem Projekt arbeiten national die folgenden Personen und Firmen mit

- MAIN GmbH, Heinrich Marti, mail: [marti@main-switzerland.com](mailto:marti@main-switzerland.com), **Projektleitung**
- MAIN GmbH, Heinrich Marti, Roland Uebersax, Erarbeitung **Konzept für 50kW Modul**
- MAIN GmbH, Patrick Hurschler, **physikalische und thermodynamische Berechnungen**
- EMPA Dübendorf, Laboratory for Solid State Chemistry, Sascha Populoh, [mail:sascha.populoh@empa.ch](mailto:sascha.populoh@empa.ch), **Kompetenzberatung TEG**
- ETH Zürich, Dr. Ives Acremann, mail: [acremann@solid.phys.ethz.ch](mailto:acremann@solid.phys.ethz.ch), **Prozess-, thermodynamische- und elektrische- toxikologische-Beratung, Sicherheit**
- ZHAW, Winterthur, Andre Heel, mail: [andre.heel@zhw.ch](mailto:andre.heel@zhw.ch) **Einbringen von praktischer Erfahrung** in der TEG-Anwendung,
- Semix, Gerold Meier, **elektrische Steuerung**
- Luchs und Partner, mail: [mail@luchsundpartner.ch](mailto:mail@luchsundpartner.ch) Ueberprüfung der **Schutzrechte**
- vonRollcasting Dr. Anton Rechsteiner, Leiter Engineering Technology, mail: [anton.rechsteiner@vonroll-casting.ch](mailto:anton.rechsteiner@vonroll-casting.ch) **Industrieanwendung**
- NM Numerical Modelling GmbH Dr. Markus Roos mail: [markus.roos@nmtec.ch](mailto:markus.roos@nmtec.ch) **Erarbeitung der physikalischen Zusammenhänge, Berechnungsmodell.**

## Internationale Zusammenarbeit

Angesichts der Tatsache, dass es sich hier um eine Machbarkeitsstudie mit kurzer Projektzeit und häufigen Projekttreffen handelt, ist derzeit bewusst eine rein nationale Zusammenarbeit in Betracht gezogen worden.

## Bewertung 2013 und Ausblick 2014

Das Projekt befindet sich in der Entstehungsphase, in der die verschiedenen Ebenen der Konzeptausarbeitung derzeit definiert und ausgearbeitet werden.

Auf Basis der kommerziell verfügbaren TEG Module und deren Spezifika, sowie den thermischen/thermodynamischen Randbedingungen, wird vorläufig eine Lösung mit Heissgas im Bereich von 400°C als Wärmequelle und Wasser mit Raumtemperatur als Wärmesenke, in Betracht gezogen. Jedoch soll aufgrund des grossen energetischen Potentials von Heisswasserkühlkreisen mit wesentlich kleineren Temperaturdifferenzen und damit auch kleineren Wirkungsgraden, diese Möglichkeit parallel betrachtet und derzeit nicht ausgeschlossen werden.

- Materialtechnische Fragen zur Konstruktion des TEG müssen gelöst werden.
- Mittels CFD-Rechnungen sind die Strömungsverhältnisse zu betrachten, um für angenommene Konstruktionen und Geometrien die bestmögliche, aber dennoch praktikable Lösung zu finden.

Durch die Komplexität und Grösse eines thermoelektrischen Generators mit einer angestrebten Leistung von 50 kW, ergeben sich neue Fragestellungen, die bisher bei einer individuellen Betrachtung von einzelnen TEG Modulen unter Laborbedingungen nicht relevant in Erscheinung getreten sind. So stellt bei einem 50 kW Modul alleine der Wärmeabtransport auf Seite der Wärmesenke, mit bis zu 1 MW eine Herausforderung dar, welche schon aus ökonomischen Gründen Einbezug finden muss. Es ist allerdings die Aufgabe dieses Konsortiums, diese zu identifizieren und in den verbleibenden 4 Monaten Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

Ziel ist es nach Klärung dieser Fragen, die detaillierte Konstruktion eines Gesamtmoduls darzulegen.

## Referenzen

Thermoelektrische Rückgewinnung für einen Hybridantrieb. - EMPA, Trendwatching Meeting, Rüschlikon, 13.12.2012.