

Veröffentlicht: 04.06.08



Ultrahochdrehendes Antriebssystem

## Höchstleistung im Miniaturbereich

**Ob sie als Turbinen elektrische Energie gewinnen oder als Kompressor welche verbrauchen, eines haben die Antriebssysteme, die von Forschern der ETH Zürich entwickelt wurden, gemeinsam: Sie sind kaum grösser als eine Streichholzschachtel und drehen mit ungewöhnlich hoher Drehzahl.**

*Simone Ulmer*



Gerade einmal 22 mal 60 Millimeter misst der Kompressor. ([Grossbild](#)).

Daniel Krähenbühl und Christof Zwysig sind Doktoranden der Arbeitsgruppe von Johann Kolar, Professor und Leiter der Professur für Leistungselektronik an der ETH Zürich, die sich mit Antriebssystemen beschäftigt. „Antriebssysteme als solche sind zwar ein altes Forschungsthema, aber wir arbeiten an einer sehr speziellen Form davon. An sehr kleinen Antriebssystemen, die vor allem ungewöhnlich hohe Drehzahlen aufweisen und mit

Leistungselektronik nahezu verlustfrei geregelt werden können“, erklärt Christof Zwysig. Seit dreieinhalb Jahren läuft das Forschungsprojekt und nun werden die ersten Antriebssysteme in praktische Anwendungen eingebaut.

### Eine halbe Million Umdrehungen pro Minute

Das Forschungsprojekt startete mit einer interdisziplinären Zusammenarbeit innerhalb der ETH Zürich. Die Forschenden setzten sich damals zum Ziel, eine portable Verbrennungs-Gasturbine zu bauen, die ein Volumen von einem Liter haben und ein Kilogramm schwer sein sollte. Ausserdem musste sie über einen Zeitraum von zehn Stunden eine elektrische Leistung von 100 Watt bringen. Die Maschinenbauer skalierten eine Verbrennungs-Gasturbine auf kleine Leistung und eine kleine Grösse. Technisch gesehen bedeutet das, dass die Leistung gesenkt und die Drehzahl erhöht wird – auf 500'000 Umdrehungen in der Minute. Den Elektronikern fiel die Aufgabe zu, ein Antriebssystem zu entwickeln, das die Turbine startet, elektrische Leistung generiert und über Leistungselektronik regelbar ist. Der Motor musste hierfür so gebaut werden, dass er den hohen Drehzahlen standhält. „Zu diesem Zeitpunkt gab es weder auf dem Markt noch in der Forschung ein Antrieb, der diese Spezifikationen erfüllt hätte“, erklärt Zwysig.

### Solar Impulse und Bohrgeräte

Nachdem das erste Antriebssystem gebaut war, entpuppten sich schnell weitere Anwendungsgebiete. Die energieeffizienten Systeme sind mittlerweile nicht mehr viel grösser als eine Streichholzschachtel und können dereinst in Turbomaschinen, Kompressoren und Turbinen eingesetzt werden. Ein prominentes Beispiel ist der Mini-Kompressor, der im Solar Impulse Projekt verwendet werden soll. Er würde dort dann Bertrand Piccard und seine Piloten bei ihrer Weltumrundung mit dem Solarflugzeug mit Sauerstoff versorgen. Mini-Antriebssysteme mit höchster Drehzahl können auch in der Medizinaltechnik bei Bohrern für Zahnärzte und Chirurgen eingesetzt werden. Zudem müssen in der Elektrotechnik selbst Löcher im Mikromassstab gebohrt werden können.

## **Interdisziplinäres Arbeiten**

Das von den Wissenschaftlern entwickelte Antriebssystem besteht aus drei Komponenten: der Maschine, der Leistungselektronik und der Software. Bis ein einsatzfähiger und langlebiger Prototyp gebaut werden konnte, mussten erst die geeigneten Materialien, Maschinentypen, Elektroniktopologien und Regelungsverfahren gefunden werden, die mit 500'000 Umdrehungen pro Minute geringe Verluste aufweisen und einen Wirkungsgrad von über 90 Prozent erzielen: Amorphes Eisen, Titanhüllen und winzige Kugellager, deren Kugeln kleiner als ein Stecknadelkopf sind. „Man kann mit dem Antriebssystem bereits eine Million Umdrehungen pro Minute erreichen“, erklärt Daniel Krähenbühl, aber innerhalb kürzester Zeit gehe der winzige Käfig, indem sich die Kugeln des Kugellagers befinden, kaputt.

Für Johann Kolar liegt eine wesentliche Herausforderung und der Reiz des Projektes in der Interdisziplinarität: „Unser Ziel ist es, Fragen der Rotordynamik, des Maschinendesigns, der Leistungselektronik und der sensorlosen Regelung in voller Breite und Tiefe theoretisch wie experimentell abzudecken.“ sagt Kolar. In Zukunft soll noch verstärkt im Bereich der Lagerung, also der Verbindung von verschiedenen Maschinenelementen, geforscht werden. Ein berührungsloses Magnetlager für 500'000 Umdrehungen pro Minute befindet sich bereits in der Testphase, als Alternative ist ein Luftlager für 1'000'000 Umdrehungen pro Minute geplant. Ein nächstes Ziel ist, die Systeme noch weiter zu verkleinern und sogenannte Power-MEMS (Mirkoelektronische Mechanische Systeme) zu realisieren.

Mit einer Geschäftsidee basierend auf diesen Entwicklungen erlangten Cornel Bartholet, Martin Bartholet und Christof Zwysig von 101 Teilnehmern den dritten Platz beim Venture 2008 Business Plan Wettbewerb. Dabei handelte es sich um eine Initiative der ETH Zürich und der McKinsey & Company, Schweiz, bei der sich Schweizer Jungunternehmer mit ihren Plänen bewerben und gegebenenfalls bei der Gründung ihres Unternehmens unterstützt werden. Im Herbst wollen sich die Wissenschaftler nun mit ihrer Spin-Off Firma „Celeroton“, dem Markt öffnen.

## **Technik**

Die hochkompakten Miniatur-Antriebssysteme der Wissenschaftler wurden zuerst in Kompressorsysteme eingebaut, die elektrische in mechanische Energie umwandeln. Bei den Turbinen-Generator-Systemen sind die Vorgänge umgekehrt. Dort wird aus Druckluft oder anderen Gasen elektrische Energie gewonnen. Die Forscher nutzen dabei die Energie, die bei Prozessen verloren geht, wenn zuerst hoher Druck erzeugt und dann wieder reduziert werden muss. Die Wissenschaftler entwickelten einen Labor-Prototypen eines hochkompakten, ultrahochdrehenden Turbinen-Generator-Systems, das nur 22 mal 60 Millimeter gross ist und eine halben Millionen Umdrehungen pro Minute erbringt. Die Druckluft wird zuerst um den Generator geleitet um diesen zu kühlen und trifft dann auf das Leitgitter. Dort expandiert sie und wird umgelenkt, damit sie die Turbinenschaufeln in einem optimalen Winkel anströmt. Die Turbine, die direkt mit der Generatorwelle gekoppelt ist, wird je nach Eingangsdruck und Belastung des Generators auf bis zu 500'000 Umdrehungen pro Minute beschleunigt. Das System ist in der Lage eine elektrische Leistung von bis zu 100 Watt zu erzeugen.

Das von den Wissenschaftlern entwickelte Turbinen-Generator-System könnte beispielsweise Drosselventile an Gaspipelines ersetzen, und über die Turbine einen Generator zur Stromerzeugung antreiben. Möglich wäre auch, dass es anstelle von konventionellen Drosselklappen im Automotor eingebaut wird, da auch hier im Drosselventil Energie verloren geht. Beim Drosseln der Ansaugluft könnte die Turbine den Generator antreiben und auch dort elektrische Energie erzeugen. Besonders effizient könnte das System zur Energie-Rückgewinnung in industriellen Kälteanlagen genutzt werden.

### **Links und Referenzen:**

- [Power Electronic Systems Laboratory](#)

### **Leserkommentare:**