

# Schneller geht's nicht

## Guter Geschäftsstart mit ultrahoch drehendem Motor

Mit ihrem ultrahoch drehenden Motor schafften zwei Forscher der ETH Zürich nicht nur einen Drehzahlrekord, sondern auch einen guten wirtschaftlichen Start. Martin Bartholet und Christof Zwysig haben das Projekt auch auf langfristigen Erfolg ausgerichtet.

Der Prototyp des bürstenlosen Antriebssystems entstand Ende 2008 im Zusammenhang mit Forschungen an der ETH Zürich. Der damals entwickelte Motor generiert eine Leistung von 100 Watt, hat einen Wirkungsgrad von über 90 Prozent und schafft bis zu eine Million Umdrehungen pro Minute. Eine Titanummantelung schützt den Rotor vor den Auswirkungen der extremen Zentrifugalkräfte. Die bei derart hohen Drehzahlen normalerweise auftretenden Wirbelströme bekam man mit einer Dreiphasen-Luftspaltwicklung aus Litzdraht in den Griff. Und dank passender Elektronik braucht das Ganze auch keinen Rotorwinkelsensor.

Um die Entwicklung voran zu bringen, gründeten die beiden Erfinder Dr. Martin Bartholet und Dr. Christof Zwysig die Firma Celeroton. Mit ihrer Geschäftsidee errangen die Firmengründer bei der McKinsey-ETH Venture Competition 15 000 Euro und bei der Venture Kick nochmals 100 000 Euro Firmenkapital dazu. Dr. Zwysig resümiert: „Das Wissen über hochdrehende Antriebe war vorhanden, es gab einen Forschungsprototypen mit Motor und Elektronik, aber dieser war industriell nicht einsetzbar.“ Nach Abschluss des Forschungsprojekts waren Elektronik und Motor noch fehleranfällig. Außerdem konnten nur die beiden Entwickler ihn sicher bedienen. Jetzt sitzt die Elektronik in einem sicheren Gehäuse und eine Software wacht darüber, dass der Antrieb weder zu hoch dreht noch sich überhitzt.

Der Prototyp musste noch über kryptische Befehle vom PC aus bedient werden. Jetzt übernimmt das eine bedienerfreundliche Software, mit der man mit wenigen Clicks zum Ziel kommt. Es müssen außerdem deutlich weniger Parameter eingestellt werden als bei anderen Antriebssystemen. Es besteht auch die Möglichkeit, über Schnittstellen (RS232/RS485, CAN, Ethernet) oder übers Internet den Motor zu bedienen. Das Steuern kann aber auch schlicht über ein Potenziometer oder einen Schalter geschehen.

### Zwei Standardprodukte

Ein weiteres Manko teilte sich dieser Prototyp wohl mit den meisten: wird nur ein Stück gefertigt, ist die Herstellung aufwendig und teuer. So war die Elektronik auf mehrere Platinen verteilt mit notwendigerweise teuren, wenig robusten Steckverbindungen. Jetzt sitzt alles auf einer Platine, das ist nicht nur kostengünstiger, weil nun die Steckverbindungen wegfallen, sondern auch kompakter und einfacher zu fertigen. „Damit ließen sich die Herstellungskosten um mehr als 50 Prozent senken“, berichtet Dr. Christof Zwysig. Auch bei der Fertigung des Motors sind Verbesserungen durch automatisierbare Techniken wie etwa Lasereinsatz geplant. Dadurch lassen sich die Fertigungszeiten auf ein Fünftel reduzieren, was nochmals eine Kostensenkung mit sich bringt.

Nun liegen zwei Standardprodukte vor: Elektronik bezogen stehen 1 kW mit 1 000 000 U/min und 400 W mit 500 000 Touren zur



Verfügung. Der Motor wird immer für den Einbau in eine Anwendung optimiert und angepasst. Damit will man den benötigten Leistungen der jeweiligen Anwendungen Rechnung tragen. So soll die Variante mit einer Million Umdrehung bei Bohrspindeln, beispielsweise für die Leiterplattenherstellung (Durchkontaktierung), ihren Einsatz finden. Denn die Löcher für die Durchkontaktierung sollen immer kleiner werden und damit die Winkelgeschwindigkeit auf der Oberfläche des Bohrers gleich bleibt, muss die Spindel immer schneller drehen. Der Bereich von 200 000 bis 500 000 U/min findet zum Beispiel Anwendung in Kompressoren für mobile Brennstoffzellen und Wärmepumpen, da ein Kompressor hier wenig Platz brauchen und leicht sein sollte. Für Werkzeugspindeln sind Drehzahlen bis zu 300 000 U/min gefordert, um die immer kleineren Strukturen fräsen zu können. Medizinische Geräte benötigen 200 000 bis 250 000 U/min für Zahnarztbohrer oder bei der Herstellung von Implantaten. Eine wichtige Anforderung ist hier: Der Bohrer sollte hohe und tiefe Umdrehungszahlen abdecken, bei gleichzeitig hohem Moment.

In der Mikromaterialbearbeitung geht der Trend von momentan etwa 50 000 bis 100 000 U/min auf 100 000 bis 300 000 U/min. Die Leistungen liegen meist im Bereich bis etwa 300 Watt. So gesehen hat man den ursprünglich entwickelten Niederspannungsumrichter CC-75-500 gar nicht ausreizen können hinsichtlich Drehzahl, Leistung und Anschlussmöglichkeiten. Aber bei Materialbearbeitungsspindeln ist der Preis und zum Teil die Kompaktheit ausschlaggebend. Daher entwickelte man bei Celeroton mit CC-75-400 eine abgespeckte Variante.

Jetzt haben die beiden Firmengründer ein kosteneffizientes, optimiertes Produkt, das seine Kinderkrankheiten überwunden hat und bereit ist für den industriellen Einsatz. „Momentan laufen sechs Prototypen-Projekte für Kompressoren, sowohl Brennstoffzellen wie Wärmepumpen, und Materialbearbeitungsspindeln“, berichtet Dr. Zwysig. Als Hauptanwendungsgebiete wollen sich die Firmengründer auf die Bereiche dental/medizinische Anwendungen, Materialbearbeitung und Kompressoren konzentrieren.



**Der Elektromotor CM-2-500 mit der zugehörigen Elektronik CC-75-500.**

„Im vergangenen Jahr haben wir aus dem Forschungsprototypen der Elektronik zwei industriell einsetzbare Produkte entwickelt. Zudem sind zwei Standardmotoren erhältlich“, erläutert Dr. Zwysig das aktuelle Angebot. Momentan stellen die Mitarbeiter von Celeroton im Schnitt pro Monat etwa zwei Elektronik- und etwa gleich viele Prototypmotoren her. Das soll deutlich ausgebaut werden. Nach Aussage von Dr. Christof Zwysig strebt man für das kommende Jahr auf der Motorseite wie auf der Elektronikseite eine oder auch mehrere Kleinserien an, also etwa 200 bis 500 Stück jährlich.

Die Produktpalette wird laufend erweitert. So kommt gegen Ende dieses Jahres eine neue Elektronik mit einer Ausgangsleistung von 3 kW auf den Markt. Sie wird die gleichen Eigenschaften bezüglich sensorloser Drehzahlregelung und Einfachheit in der Bedienung besitzen, wie die bereits vorhandenen Facetten.

Natürlich sind die Entwicklungsarbeiten am Antriebssystem noch längst nicht abgeschlossen, denn das Anwendungsfeld ist ständig in Bewegung. Dr. Zwysig: „Wir wollen dem immer einen Schritt voraus sein und setzen daher auch in Zukunft auf neue Innovationen und werden daher Motor und Elektronik ständig weiter entwickeln.“

[www.antriebspraxis.de](http://www.antriebspraxis.de)

webcode ap1656

**Dr Barbara Stumpp**, freie Journalistin  
**Kontakt**, Celeroton, [www.celeroton.com](http://www.celeroton.com)



**Die beiden Erfinder des hochtourigen Antriebssystems: Dr. Martin Bartholet (links) und Dr. Christof Zwysig.**