

Hybridmotor mit Druckluft-Energiespeicher

Ein revolutionäres Konzept des Instituts für Dynamische Systeme und Regelungstechnik der ETH Zürich

Dass in Druckluftspeichern bei entsprechendem hohem Druck eine Menge Energie zwischengespeichert werden kann, ist seit langem bekannt. Innovative Erfinder wie Guy Nègre sind sogar überzeugt, dass Hochdruckspeicher in Kombination mit geeigneten Druckluftmotoren zumindest für kleine Stadtfahrzeuge eine valable Antriebs-Alternative zu heutigen Benzin-/Diesel-Autos darstellen (siehe vorangehenden Bericht!).

Eine andere Strategie besteht darin, pneumatische Speicher mit einem leicht abgeänderten klassischen Benzin- oder Dieselmotor zu kombinieren. Ein solches Konzept eines neuartigen Hybridantriebs hat Lino Guzella, Professor für Thermotronik an der ETH Zürich mit seinem Team entwickelt. Dafür hat ihm das Schweiz. Bundesamt für Energie am 7. Januar 2010 in Bern den „Watt d'Or 2010“ verliehen¹. Mit dem neuen System sind Energieeinsparungen von 30% gegenüber einem herkömmlichen Antrieb bei nur 20% Mehrkosten möglich.

Vorteile eines pneumatischen Hybrids

Im Vergleich zu Elektro-Hybrids, die neben dem klassischen Verbrennungsmotor zusätzlich einen oder mehrere Elektromotoren brauchen, kommt der Druckluft-Hybrid mit einem einzigen Motor aus. Kernstück der Neuentwicklung ist ein zusätzliches Ventil im Zylinderkopf, in das beim Beschleunigen Druckluft eingeblasen wird. Beim Bremsen wird komprimierte Luft in den Drucklufttank geleitet, d.h. ein Teil der Antriebsenergie wird rekuperiert.

Durch die Druckluftzuführung ist es möglich, den Motorblock wesentlich kleiner auszuführen. Dieses „Downsizing“ gestattet es, die Zahl der Zylinder von z.B. vier auf zwei zu reduzieren. Damit werden auch die Reibungsverluste minimiert, und der



Prof. Lino Guzella beim Interview mit Marianne Zünd, Kommunikationsleiterin des Bundesamts für Energie, nach der Verleihung des „Watt d'Or 2010“ in Bern.

mittlere Wirkungsgrad des Motors steigt deutlich an. Trotz des kleineren Motors lässt sich über einen Turbolader, der den Druck der Abgase nutzt, eine unverändert hohe Spitzenleistung erzielen².

Spitzentechnik in Zusatzventilen

Der eigentliche „Trick“ des Pneumatik-Hybrids liegt in einem zusätzlichen Ventil, das im Zylinderkopf mitig neben dem klassischen Ein- und Auslassventil vorgesehen ist. Über dieses Ventil ist der Brennraum mit dem Drucklufttank verbunden. Beim Bremsen oder wenn wenig Motorleistung benötigt wird, schaltet die Elektronik die Benzinzufuhr in einzelnen Zylindern des Motors ab. Die Kolben arbeiten dann wie eine Luftpumpe, die den Drucktank befüllt. Für die aktiven Zylinder dagegen resultiert eine höhere Last – schliesslich müssen sie zusätzlich Luft komprimieren – und damit ein noch effizienterer Betrieb.

Wie Prof. Guzella in einem Interview mit der Neuen Zürcher Zeitung³ erklärte, lässt sich beim Anfahren die gespeicherte Druckluft nutzen, um

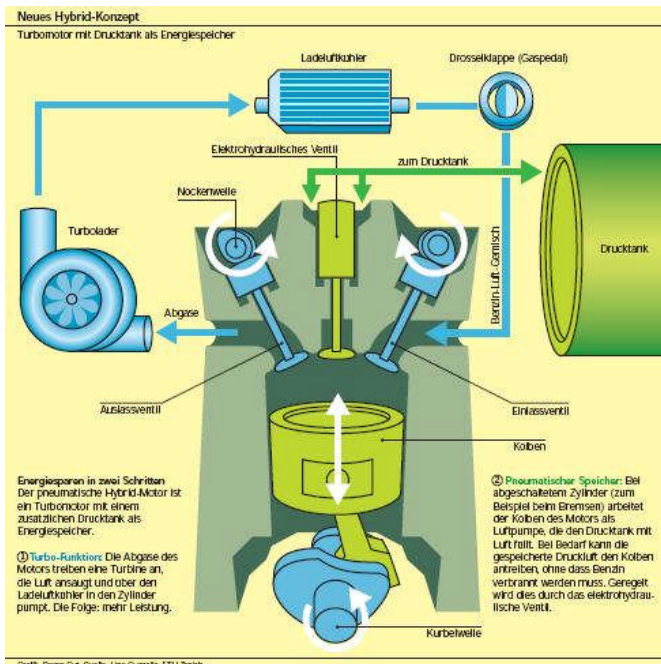
den Motor direkt anzutreiben oder den Brennraum mit ausreichend Frischluft zu versorgen – auch wenn die Drehzahl des Motors noch niedrig ist. Die von Turbomotoren bekannte Anfahrtschwäche tritt daher gar nicht erst auf. Mit der pneumatischen Unterstützung erreicht der Motor innerhalb einer Zehntelsekunde ausreichend hohe Drehzahlen, viel schneller, als dies durch einen elektrischen Anlasser möglich wäre.

Erfolgreiche Tests im Prüfstand der ETH Zürich

Messungen zeigten, dass mit der pneumatischen Hybridlösung der mittlere Wirkungsgrad im Europäischen Testzyklus von 18 auf 24 Prozent gesteigert werden konnte. Dies ergibt eine Treibstoffeinsparung von einem Drittel. Im reinen Stadtverkehr lassen sich sogar Einsparungen von bis zu 50% erreichen, weil dort bei Bremsvorgängen mittels pneumatischer Rekuperation viel kinetische Energie zurückgewonnen werden kann.

Grosse internationale Resonanz

Das Hybrid-Projekt des Forschungsteams um Prof. Lino Guzella stösst international auf grosse Resonanz. Sogar der chinesische Minister für Wissenschaft und Technik Wan Gang liess es sich bei seinem Schweiz-Besuch im vergangenen Jahr nicht nehmen, den Motor persönlich in Augenschein zu nehmen. Minister Wang, Maschinenbauingenieur, hat in Deutschland doktriert und spricht perfekt deutsch. Seine



Energiesparen in zwei Schritten: Die Abgase treiben eine Turbine an, die Luft ansaugt und über den Ladeluftkühler in den Zylinder pumpt bei abgeschaltetem Zylinder. Z.B. beim Bremsen arbeitet der Kolben des Motors als Luftpumpe, die den Drucktank mit Luft füllt. Bei Bedarf kann die gespeicherte Druckluft den Kolben antreiben, ohne dass Benzin verbrannt werden muss. Die Regelung geschieht über das elektrohydraulische Ventil.

gezielten Fragen an die Entwickler des Hybrid-Motors zeigten sein grosses Interesse an innovativen Lösungen. Angesprochen auf die Möglichkeit, das Konzept in chinesische Autos einzubauen, liess er diplomatisch durchblicken, dass die Industrie die Entwicklung mit Interesse verfolge⁴.

Im Vergleich zu den heute vielfach angebotenen Elektrohybrid-Autos hat Guzzella's Konzept den unschlagbaren Vorteil, dass ein pneumatisches Hybrid-Auto nur etwa 20% Zusatzkosten verursacht. Bei einem Elektrohybrid rechnet man dagegen heute durchschnittlich mit Mehrkosten von mindestens 200 Prozent. Im Treibstoffverbrauch zeigen sich keine grossen Unterschiede. Ein Pneumatik-Hybrid erreicht nahezu 80% der Einsparungen, die sich mit Elektro-Hybrids erzielen lassen, ist also fast genauso umweltfreundlich wie jene.

Aufgrund des Preisvorteils ist das Pneumatik-Konzept die ideale Lösung für Schwellenländer, wo die Motorisierung rasant zunimmt. „In zwei Jahrzehnten werden weltweit doppelt so viele Autos auf den Strassen rollen wie heute“, betont Guzzella, und weil das Wachstum vor allem in

auch viel billiger sein als gegenwärtige (Elektro-)Hybridmotoren. Die neue preisgekrönte Druckluft-Hybridtechnik könnte auch in Indien und China Käufer finden – im Unterschied zum Elektro- bzw. Elektro-Hybridauto.

Industrielle Umsetzung

Ausser dem Bundesamt für Energie hatten die Entwickler an der ETH auch Unterstützung vom Autozulieferer Bosch bekommen. Auch andere Zulieferer und Autofirmen zeigen Interesse und haben sich schon vor Ort informiert. Einige Ideen des neuen Konzepts sind auch schon patentiert. Allerdings hat die Finanzkrise und die globale Rezession die Bereitschaft von Investoren und von Grossfirmen gedämpft, in grundsätzliche neue Lösungen zu investieren. Wie Prof. Guzzella selber erkennen musste, sind die Zeiten, um ein neues Konzept zu lancieren, momentan eher schwierig. Trotzdem ist er überzeugt, dass der Weg in eine ökologische Zukunft primär über Hybridkonzepte führt, die bezahlbar bleiben und trotzdem die Vorteile eines Benzin- oder Dieselmotors aufweisen.



Wan Gang, der chinesische Minister für Wissenschaft und Technologie, in der Bolide „Formula Hybrid“ (Bild Markus Senn)

Indien und in China stattfinden wird, müssen zukünftige Motoren nicht nur sparsam, sondern

Es bleibt jedenfalls zu hoffen, dass die Verleihung des „Watt d'Or 2010“ die Chancen erhöht, dass ein mutiger industrieller Partner einsteigt und eine Serienentwicklung in Gang setzt.

In derselben Lage befindet sich die amerikanische Scuder Group, über die wir bereits berichtet haben⁵. Diese Firma wollte im Jahr 2008 mit dem Scuder-Druckluft-Hybridmotor auf den Markt kommen und hat inzwischen einige Prototypen gebaut und Hunderte Patente erhalten. Bisher hat es auch hier an den Finanzen für die Produktion gefehlt. Laut neuesten Informationen⁶ der Firma ist das Interesse der Investoren jedoch gewachsen, so dass schon mal 15 Mio USD investiert wurden^{7,8}.

Literatur:

- <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=30958>
- http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090127_Hybridmotor_per
- http://www.idsc.ethz.ch/News/Current/NZZaS_12-Oktober-2008_Seite-77.pdf
- http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/090626_besuch_gang_rk
- „Neuer Hybridmotor mit Druckluftspeicher“, in „NET-Journal“, 1/2, 2009, S. 26
- [archiv.iaa.de/06/index.php?id=209&L=0](http://www.iaa.de/06/index.php?id=209&L=0)
- <http://www.airhybridblog.com>
- „Wunder von Scuder“, in „Wirtschaftswoche“ Nr. 46 vom 10.11.2008