Druckluftspeicher als Hybrid-Antriebsalternative

Thomas Steiner, BSc, Prof.(FH) DDipl.-Ing. Dr.techn Lukas Möltner

Management Center Innsbruck, Maximilianstraße 2, 6020 Innsbruck, AUSTRIA

1 EINLEITUNG

Bedingt durch die sich laufend verschärfende Abgasgesetzgebung für Kraftfahrzeuge und die Forderung nach einem geringen Kraftstoffverbrauch ist es notwendig, neue Ansätze für zukünftige Antriebsstränge zu verfolgen. Ein erfolgsversprechendes Konzept bietet in diesem Kontext die partielle Elektrifizierung eines konventionellen Antriebsstrangs, der sogenannte elektrische Hybridantrieb. Ein derartiges Antriebskonzept bietet durch eine Lastpunktverschiebung die Möglichkeit, den Verbrennungsmotor immer in einem wirkungsgradgünstigen Bereich zu betreiben und ermöglicht - zumindest in begrenztem Umfang - die kinetische Energie des Fahrzeugs bei einem Bremsvorgang in elektrische Energie umzuwandeln und zu speichern.[1] Bei dieser Energierückgewinnung (Rekuperation) ist es notwendig, dass innerhalb sehr kurzer Zeitspannen große Mengen an Energie eingespeichert werden müssen, wobei Generatoren und Akkumulatoren, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen, an ihre (thermischen) Grenzen geraten, und somit der Gesamtwirkungsgrad des Antriebsstrangs sinkt.

Alternative Hybrid-Antriebskonzepte, die mit Druckluft als Energiespeicher arbeiten, bieten hier neben geringeren Aufwand und Kosten auch wesentliche energetische Vorteile. Ein derartiges kombiniertes hydraulisch/pneumatisches Konzept wurde zuletzt von PSA und Bosch zur Serienreife entwickelt, z.B. in [2].

2 LÖSUNGSANSATZ UND METHODIK

In den Forschungsaktivitäten zu dieser Thematik wird betrachtet, inwieweit ein konventioneller Verbrennungsmotor so betrieben werden könnte, dass er zwischen befeuertem und nichtbefeuertem Betrieb umschalten und somit während eines Bremsvorgangs als Kolbenverdichter fungieren kann (rekuperativer Betriebsmodus). Die verdichtete Luft kann leicht und vor allem schnell gespeichert werden und bei Bedarf, z.B. beim nächsten Anfahrvorgang, wieder im Motor expandiert werden und Energie abgeben (boosten). Die technische Umsetzung erfordert Modifikationen an der Gaswechseleinrichtung des Zylinderkopfs sowie an der Implementierung eines Druckluftspeichers.

Damit ein solches Gesamtsystem derzeitige Hybridfunktionen übernehmen kann, wird hier die technische Machbarkeit und Sinnhaftigkeit mittels Simulationsrechnung für ein Serienfahrzeug dargestellt.

Als Referenzfahrzeug dient ein Mittelklassefahrzeug E46 des Herstellers BMW, wobei sowohl ein Dieselaggregat 320d und ein Ottoantrieb 318i untersucht werden. Die Differenzierung zwischen Diesel- und Ottofahrzeug spielt insofern eine gewichtige Rolle, da der Verdichtungsenddruck konzeptbedingt der maximale Speicherdruck ist und dieser bei Dieselfahrzeugen aufgrund des höheren Verdichtungsverhältnisses deutlich größer ist.

Das erstellte Simulationsmodell berechnet einen typischen Anfahrvorgang im innerstädtischen Bereich bei reinem Druckluftbetrieb mit einem Druckluftspeicher von 200 Litern. Das Modell bedient sich dabei den realen Fahrwiderständen (Luft-, Rollwiderstand und Massenträgheit) und berechnet für jede Zylinderbeaufschlagung einen neuen Systemdruck.

3 ERGEBNISSE

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Simulationsrechnung für das Referenzfahrzeug. Deutlich erkennbar ist, dass sich aufgrund des geringen Verdichtungsenddrucks mit dem Druckluftantrieb am Ottomotor die geringste Fahrgeschwindigkeit (20 km/h) erzielen lässt. Bedingt durch das hohe Verdichtungsverhältnis beim Dieselmotor lassen sich weitaus höhere Fahrgeschwindigkeiten erreichen. Für den Fall das vom Anfahrvorgang alle vier Zylinder mit Druckluft versorgt werden liegt die Höchstgeschwindigkeit bei (31 km/h), während bei einer variablen Betriebsweise (im ersten Gang zwei Zylinder danach vier Zylinder mit Druckluft beaufschlagt) sich eine Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h erreichen lässt.

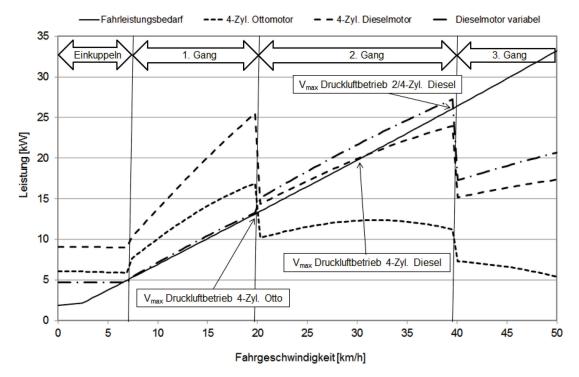


Abbildung 1. Erreichbare Fahrgeschwindigkeiten im Druckluftbetrieb der verschiedenen Konzepte bei konstanter Beschleunigung von 0 bis 50 km/h in 10 s ($a = 1,4 \text{ ms}^{-2}$)

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Ergebnisse der Simulationsrechnung zeigen, dass ein pneumatischer Hybridantrieb durchaus in der Lage ist, die kinetische Energie, die bei einem konventionellen Bremsvorgang in thermische Energie umgewandelt und abgeführt wird, einzuspeichern und später wieder zur Beschleunigung einzusetzen. Speziell für Fahrzeuge mit Dieselmotoren ergibt sich aufgrund des höheren Verdichtungsverhältnisses und des daraus resultierenden höheren Speicherdrucks ein großes Potential in stark transienten Fahrzyklen, wie sie zum Beispiel im Stadtverkehr auftreten. Darüber hinaus könnte ein pneumatischer Hybridantrieb auch viele bisherige Funktionen der Bordelektrik übernehmen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein derartiges Hybridsystem großes Potenzial hat und einer detaillierteren Betrachtung unterzogen werden sollte.

LITERATUR

- [1] P. Hofmann, Hybridfahrzeuge, 3. Auflage Hrsg., Wien: Technische Universität Wien, 2011.
- [2] Sakota Z., Improving the fuel economy by using hydraulic hybrid powertrain in passenger cars, Machines, technologies and Materials, 4/2013, ISSN 1313-0226