

Alternative Aufladekonzepte für Verbrennungsmotoren

Andreas Gotter
gofficient
02.05.2009

Gliederung

1. Vergleich konventionelle Aufladekonzepte
2. Gegenüberstellung Vor-/Nachteile
3. Alternatives Konzept „Thermoturbo“
4. Wirkungsweise
5. Ausführungsbeispiel
6. Berechnungsergebnisse
7. Ausblick

Vergleich konventionelle Aufladekonzepte

Aufladung mittels mechanischem Kompressor

- Kompressor wird von Kurbelwelle angetrieben
- Permanente Leistungsaufnahme, dadurch Wirkungsgradverlust auch in Teillast (selbst bei Kupplung)
- Vergleichsweise schlechter isentroper Wirkungsgrad
- Reduktion des Verdichtungsverhältnis aufgrund erhöhter Klopfneigung erforderlich
- + sehr schnelle Response aufgrund konstanter Drehzahl des Kompressors
- + Ausschöpfung des Downsizing-Potentials

Vergleich konventionelle Aufladekonzepte

Aufladung mittels Abgasturbolader

- + Kein direkter Leistungsabzweig von Kurbelwelle
- Leistungsverlust des VM jedoch durch Abgasgegendruck → Leistungsbilanz bis zu mittleren Drehzahlen positiv (solange $p_{sau} > p_{abg}$)
Bei hohen Drehzahlen und in Teillast jedoch z.T. sehr stark negative Leistungsbilanz im VM-Ladungswechsel
- Energieverschwendung durch Wastegate (ausgenommen VTG-Lader)
- + besserer isentroper Verdichterwirkungsgrad als Kompressor
- Reduktion des Verdichtungsverhältnis aufgrund erhöhter Klopfneigung erforderlich
- Zusätzlich erhöhte Klopfneigung durch höhere Restgasmasse in Folge Abgasgegendruck
- Aufgrund Abgasgegendruck Erhöhung der Abgastemperaturen → Anfettung aus Bauteilschutzgründen erforderlich → Verbrauchsnachteil bei Nennleistung
- mäßiges Responseverhalten, ist gerade noch akzeptabel
- Zusätzliche Wärmesenke vor Katalysator erschwert Emissionsoptimierung
- + Ausschöpfung des Downsizing-Potentials

Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Konzeptidee „Thermoturbo“

Nutzung der Vorteile einer Abgasturboaufladung,
jedoch Vermeidung des Abgasgedrucks

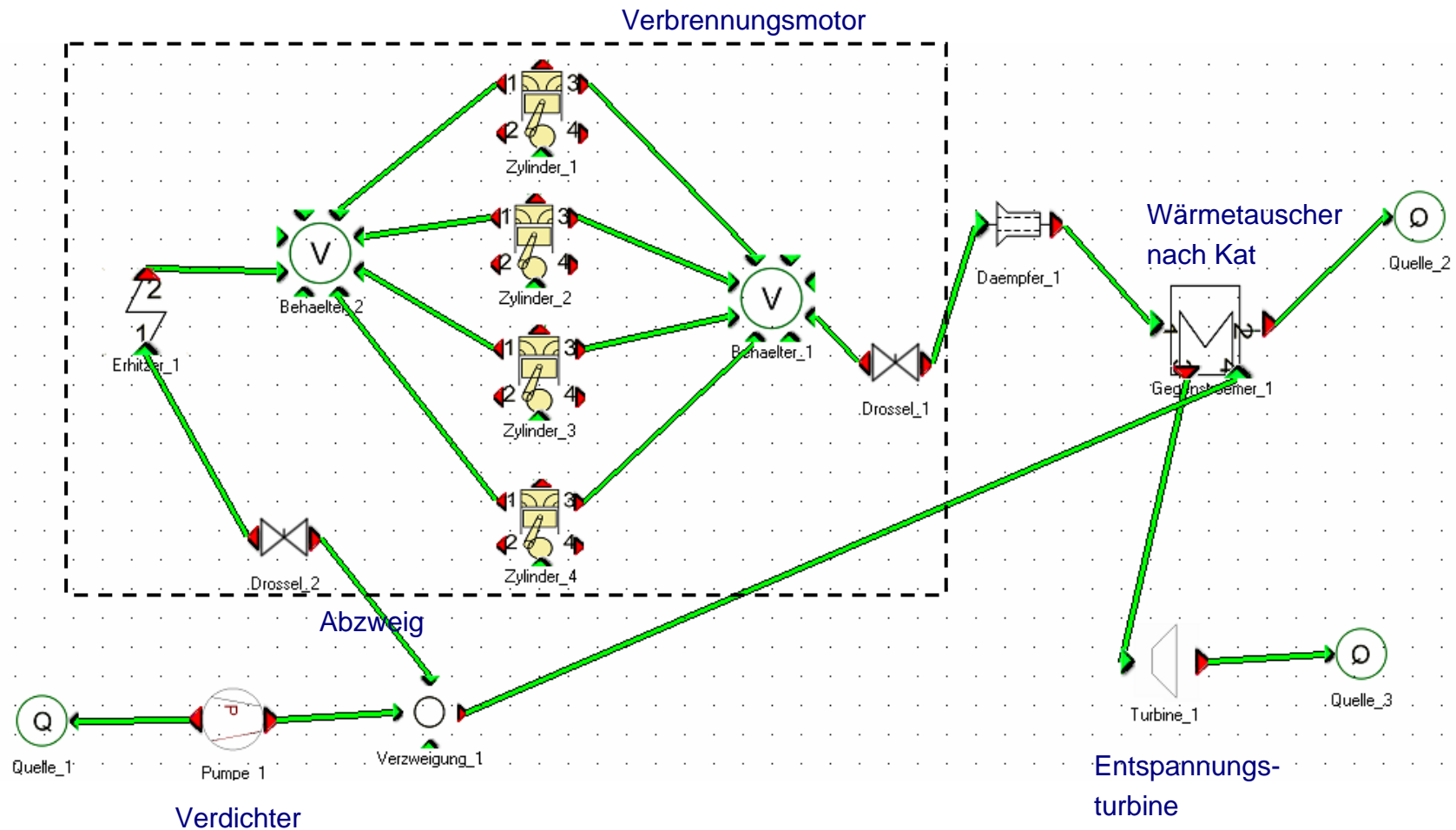
Realisierung

Integration eines Joule-Prozesses als Nachschaltprozess

„Befeuern“ des Joule-Prozesses durch Gegenstrom-Abgaswärmetauscher,
Nutzleistung in Form von Massenstromabzweig nach Verdichter

Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Konfiguration „Thermoturbo“ – einfache Variante



Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Auslegungsparameter einfache Variante

Druckverhältnis Verdichter & Turbine ca. 1,6...1,7

Massenstrom Verdichter 100%,

Massenstrom Verbrennungsmotor ~ 45%

Massenstrom Turbine ~ 55%

Übertragene Leistung im Wärmetauscher sehr hoch, Joule-Prozesswirkungsgrad ~ 5%

Aber: kein Abgasgegendruck für den Verbrennungsmotor

Nachteile

- Hoher Verdichterwirkungsgrad erforderlich, um akzeptables Ladedruckniveau zu realisieren
- Hohe Abgastemperaturen erforderlich, nur geringer Vorteil bei LET und Teillast
- Schnelle Auskühlung des Abgases/Wärmetauschers in Teillast und Leerlauf

Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Optimierungsschritt „Thermoturbo“

Integration eines Gegenstrom-Rekuperators in Joule-Kreislauf

Vorteile

- Erhöhung des Wirkungsgrades im Joule-Prozess
- kleinerer Wärmetauscher im Abgassystem
- Vermeidung des Auskühlens in Teillast aufgrund Wärmerekuperation
- Dadurch höherer Aufladegrad im LET möglich

Auslegungsparameter

- Massenstrom durch Turbine ~ 55..70%, Motor ~ 30%..45%

Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Zweiter Optimierungsschritt „Thermoturbo“

Zweistufiger Joule-Prozess

Vorteile

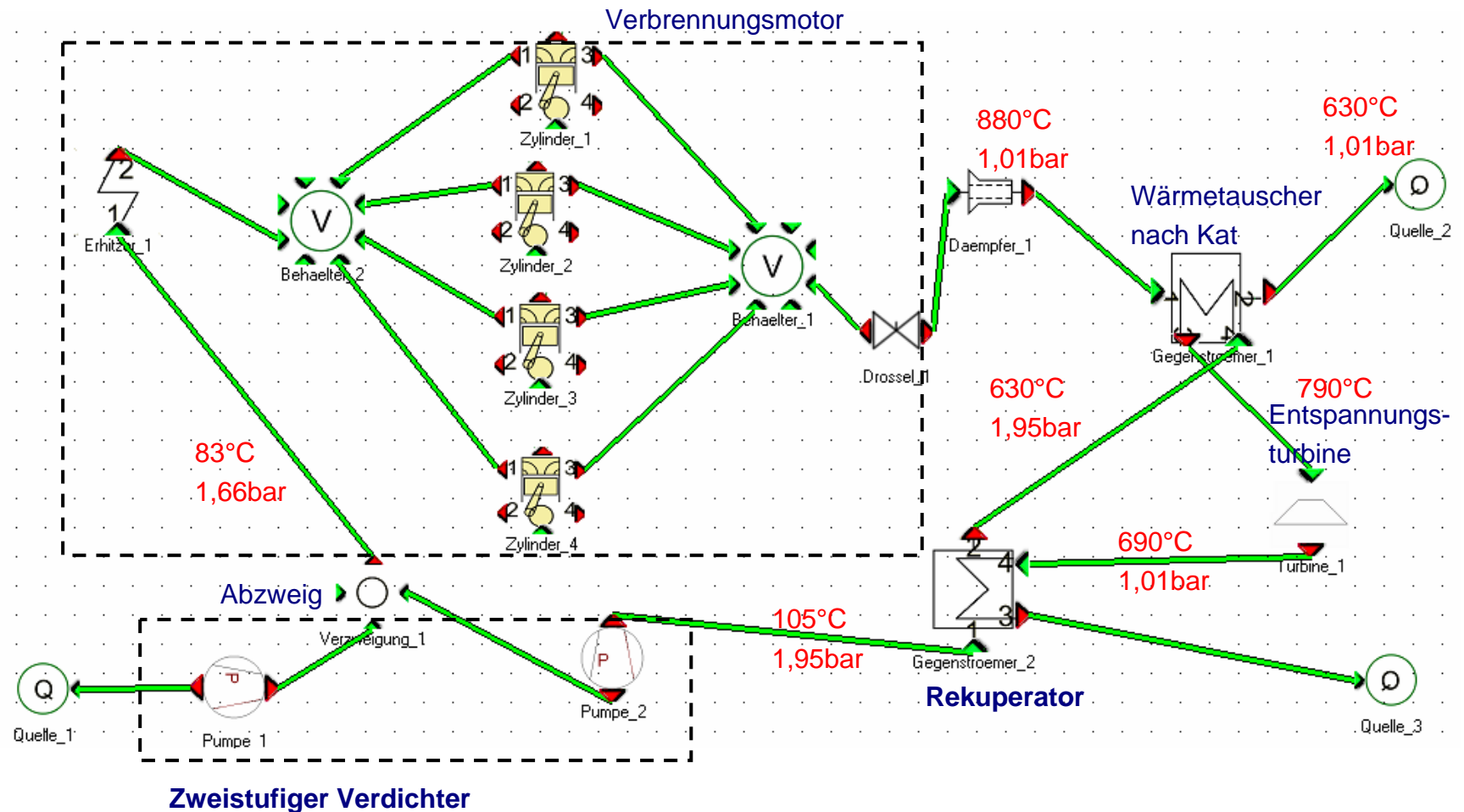
- weitere Erhöhung des Wirkungsgrades im Joule-Prozess
- Dadurch nochmals höherer Aufladegrad im LET möglich

Nachteile

- Durch zwei erforderliche Verdichterstufen deutlicher Kostennachteil

Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Konfiguration „Thermoturbo“ – komplexe Variante



Alternatives Konzept „Thermoturbo“

Konzeptauslegung und Simulation mittels „SimThermo“

Annahmen:

- 2,0l 4-Zylindermotor mit 4Ventil-Zylinderkopf
- Betrieb bei 1500 1/min an der Klopfgrenze mit spülenden Brennverfahren
- Geringe Ventilüberschneidung, Restgasausschieben ohne Überspülen
- Resultierende Abgastemperatur nach Kat 880°C

Ergebnisse:

- Soft-Aufladung bis ca. 1,65 bar absolut / 18 bar pme möglich
- Auskühlen im Leerlauf kann soweit reduziert werden, dass 85% des Stationärdrehmomentes nach LL-Phase transient erzeugt werden können
- Ideal in Kombination mit Hybridfahrzeugen oder für Nutzfahrzeuge

Ausblick

Vorgestellte Konzepte sind aufgrund Ihrer geringen Komplexität und kommerziell verfügbarer Komponenten für den Automobileinsatz geeignet

Vorschlag weiteres Vorgehen:

- 1. Schritt** **Nachweis der Ergebnisse am MPST**
- 2. Schritt** **Realisierung eines Demonstratorfahrzeuges**
Thermoturbo mit Rekuperator

gofficient hat weitere alternative Konzepte im Angebot

- Abgasbefeuerter Ethanolreformer
- transkritischer Bottoming-Cycle für Stationärmotoren

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**