

7 Literaturverzeichnis

- [1] **Ali, I.; Serkh, A.**, *Transmission and Constant Speed Accessory Drive*, Patentanmeldung WO 2005/083305 A1, 2005
- [2] **Anandakumaran, N.; Narayanan, V.; Jebamani, B.**, *Development of an Electrically Operated Vacuum Pump*, SAE-Paper 2001-28-0017, 2001
- [3] **Arndt, M.; Sauer, M.; Wolz, M.**, *Verbrauchssenkung durch verbesserte Klimaanlage-Regelung*, ATZ (109), 5/2007, Seite 404-410, 2007
- [4] **Aumeyer**, *Technologieentwicklung im Kfz Schwerpunkt CO₂*, Stuttgart, Robert Bosch GmbH, 2007
- [5] **Badawy, A.; Fehlings, D.; Wiertz, A.; Gessat, J.**, *Development of a New Concept of Electrically Powered Hydraulic Steering*, SAE-Paper 2004-01-2070, 2004
- [6] **Balzer, Ehlert, Haslinger, u.a.**, *Kraftfahrzeugtechnik*, 2. Auflage, Neusäß, Kieser-Verlag, 2000
- [7] **Baumgart, R.; Tenberge, P.; Webner, M.; Gebhardt, J.**, *Riemenscheibe mit integriertem Getriebe zur Drehzahlregelung des Klimakompressors*, Wärmemanagement des Kraftfahrzeugs V, Haus der Technik, Renningen, Expert-Verlag, Seite 243-255, 2006
- [8] **Beecham, M.**, *Just auto: Global market review of automotive steering systems—forecast to 2013*, 2007 edition, Bromsgrove, Aroq Limited, 2007
- [9] **Benouali, J.; Clodic, D.; Malvicino, C.**, *Possible Energy Consumption Gains for MAC Systems Using External Control Compressors*, SAE-Paper 2003-01-0732, 2003

- [10] **Bhat, N.; Joshi, S.; Shiozaki, K.; Ogasawara, M.; Yamada, M.; Somu, S.**, *Adaptive Control of an Externally Controlled Engine Cooling Fan-Drive*, SAE-Paper 2006-01-1036, 2006
- [11] **Bischof, H.; Gröter, H. P.; Schenk, R.**, *High Output Alternator Concepts*, SAE-Paper 1999-01-1092, 1999
- [12] **Bolenz, K.; Harms, K.; Richter, R.**, *Development Trends Of Future Energy Electrical Systems In Passenger Cars*, In Conference Proceedings of Ingenieurs de l'Automobile, April 1998, Seite 62-64, 1998
- [13] **BOSCH**, *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*, 26. Auflage, Wiesbaden, Vieweg-Verlag, 2007
- [14] **Boulouchi, F.; Badawy, A.; Gaut, S. K.**, *The Design and Benefits of Electric Power Steering*, SAE-Paper 973041, 1997
- [15] **Chanfreau, M.; Gessier, B.; Farkh, A.; Geels, P.Y.**, *The Need for an Electrical Water Valve in a THERmal Management Intelligent System (THEMISTM)*, SAE-Paper 2003-01-0274, 2003
- [16] **Christ, T.; Berkan, J.**, *Verfahren und Vorrichtung zur verbrauchsoptimierten Ansteuerung von Nebenaggregaten in Kraftfahrzeugen*, Patentanmeldung DE 103 54 103 A1, 2005
- [17] **Clodic, D.; Benouali, J.; Malvicino, C.**, *External and Internal Control Compressors for Mobile Air Conditioning Systems*, Center for Energy Studies, Ecole des Mines de Paris, 2002
- [18] **Deguchi, A.; Fujita, T.; Nomoto, Y.**, *Development of a design method for a high efficiency water pump*, JSAE Review, vol. 21 (2000), Seite 35-39, 2000
- [19] **Denner, V.**, *Beiträge der Elektronik zur Verbrauchsreduzierung im Kraftfahrzeug*, VDI-Berichte, Nr. 2000, Seite 17-28, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2007
- [20] **Dyer, G. P.**, *Analysis of Energy Consumption for Various Power Assisted Steering Systems*, SAE-Paper 970379, 1997

- [21] **Ehlers, K.**, *Forum "Bordnetzarchitektur*, VDI-Berichte, Nr. 1287, Seite 203-218, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1996
- [22] **Eichsleder, H.; Wimmer, A.**, *Potential of IC-engines as minimum emission propulsion system*, Atmospheric Environment 37, Seite 5227-5236, 2003
- [23] **Eifler, G.**, *Möglichkeiten zur Kraftstoffverbrauchsreduzierung durch intelligentes Nebenaggregate-Management*, Neue Brennvorfahren, Haus der Technik, Renningen, Expert-Verlag, 2007
- [24] **Esch, T.; Saupe, T.; Fahl, E.; Koch, F.**, *Verbrauchseinsparung durch bedarfsgerechten Antrieb der Nebenaggregate*, MTZ (55), 7/8 1994, Seite 416-431
- [25] **Fasse, E.; Niethammer, B.; Busch, D.**, *Neue Lenkhilfekonzeppte*, VDI-Berichte, Nr. 1287, Seite 871-893, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1996
- [26] **Forschungsvereinigung Verbrennungsmotoren (FEV)**, *Fremdmotorenanalyse*, 2006
- [27] **Fulton, J.R.L.; Repple, W.O.**, *Kühlmittelpumpe zur Kraftfahrzeugverwendung*, Patentanmeldung DE 697 23 060 T2, 2004
- [28] **Genster, A.; Stephan, W.**, *Immer richtig temperiert, Thermo-management mit elektrischer Kühlmittelpumpe*, MTZ (65), 11/2004, Seite 882-884, 2004
- [29] **Gerigk, Bruhn, Danner, u.a.**, *Kraftfahrzeugtechnik*, 4. Auflage, Braunschweig, Westermann-Verlag, 2002
- [30] **Gessat, J.**, *Electrically Powered Hydraulic Steering Systems for Light Commercial Vehicles*, SAE-Paper 2007-01-4197, 2007
- [31] **Graf, A.; Köppl, B.**, *CO₂-Reduktion durch bedarfsgerechte Leistungssteuerung*, VDI-Berichte, Nr. 2000, Seite 53-67, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2007
- [32] **Gruden, D.**, *Technical Measures To Reduce Carbon Dioxide Emissions On The Road Traffic*, SAE-Paper 2006-01-3005, 2006

- [33] **Hackbarth, E. M.; Merhof, W.**, *Verbrennungsmotoren: Prozesse, Betriebsverhalten, Abgas*, 1. Auflage, Wiesbaden, Vieweg-Verlag, 1998
- [34] **Hager, J.; Gumpoldsberger, T.; Reitbauer, R.; Mühlbach, G.; Buchholz, T.; Sorg, W.**, *Kraftstoffeinsparungspotenzial beim LKW durch Optimierung der Motorkühlung*, 23. Internationales Wiener Motorensymposium, Seite 107-124, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2002
- [35] **Hedman, A.**, *Variable Accessory Drives in Heavy Road Vehicles-Reduced Fuel Consumption and Improved Performance*, SAE-Paper 933051, 1993
- [36] **Hendricks, T.; O'Keefe, M.**, *Heavy Vehicle Auxiliary Load Electrification for the Essential power System Program: Benefits, Tradeoffs, and Remaining Challenges*, SAE-Paper 2002-01-3135, 2002
- [37] **Heyl, P.**, *Potenziale für die Steigerung der Effizienz von Klimaanlage und deren Einfluss auf die Prozessgestaltung*, PKW-Klimatisierung IV, Haus der Technik, Renningen, Expert-Verlag, 2006
- [38] **Jabardo Saiz, J.M.; Mamani Gonzales, W.; Ianella, M.R.**, *Modeling and experimental evaluation of an automotive air conditioning system with a variable capacity compressor*, International Journal of Refrigeration, vol. 25 (2002), Seite 1157-1172, 2002
- [39] **Kamosaka, M.; Kawamura, H.; Igaki, Y.**, *Permanent Magnet Generator with Mechanical Controller*, JSAE Review, vol 26 (2005), Seite 143-146, 2005
- [40] **Karch, G.; Mayer, J.; Merz, J.**, *Potenziale zur Energieeinsparung bei gleichzeitigen Funktionsvorteilen durch moderne Lenkungstechnik*, VDI-Berichte, Nr. 2000, Seite 147-160, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2007

- [41] **Karl, S.; Petitjean, C.; Mace, E.; Liu, J.M.; Yahia Ben, M.**, *Reduction of the power consumption of an A/C system*, SAE-Paper 2003-04-0010, 2003
- [42] **Kemle, A.; Manski, R.; Weinbrenner, M.**, *Senkung des Kraftstoffverbrauchs der Klimaanlage*, PKW-Klimatisierung V, Haus der Technik, Renningen, Expert-Verlag, 2007
- [43] **Kettner, D.; Kühnel, W.**, *Energieverbrauchssenkung von Fahrzeugklimaanlagen durch Enthlapieregulierung*, PKW-Klimatisierung, Haus der Technik, Renningen, Expert-Verlag, 2000, sowie Patentanmeldung DE 196 08 015 C1, 1996
- [44] **Kishibuchi, A.; Nosaka, M.; Fukanuma, T.**, *Development of Continuous Running, Externally Controlled Variable Displacement Compressor*, SAE-Paper 1999-01-0876, 1999
- [45] **Köpf, P.**, *Energieeinsparungen bei Nebenaggregaten am Beispiel des Lenksystems*, VDI-Berichte, Nr. 1099, Seite 163-175, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1993
- [46] **Krafft, R.; Wolf, A.; Faller, W.**, *Electromagnetic Water Pump Clutch: Working Principle, Design Strategies and Applications for Heavy Duty Vehicles*, SAE-Paper 2007-01-4260, 2007 sowie Patentanmeldung EP 1 881 170 A1, 2007
- [47] **Krappel, A.; Pfab, X.**, *Flüssigkeitsgekühlter Generator mit hoher Leistung*, VDI-Berichte, Nr. 1009, Seite 139-151, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1992
- [48] **Lemberger, H.; D'Amicantonio, L.; Di Giacomo, T.**, *Modulares Riemenantriebskonzept*, MTZ (68), 12/2007, Seite 1076-1079, 2007
- [49] **Malakondaiah, N.; Nady, B.**, *A New Racing Engine Charging System with a Permanent Magnet Alternator*, SAE-Paper 983067, 1998
- [50] **Meyer, R.**, *Bosch, gelbe Reihe: Generatoren und Starter*, 1. Auflage, Stuttgart, 2002

- [51] **Namuduri, C.; Rule, D.; Murty, B.**, *System und Vorrichtung für einen Maschinenkühlmittelpumpenantrieb für ein Fahrzeug*, Patentanmeldung DE 10 2007 016 548 A112, 2007
- [52] **Park, S.K.; Kim, H.S.; Ahn, H.N.; Park, H.S.**, *Study on the Reduction of Fuel Consumption in the A/C System, used Variable Displacement Swash-Plate Compressor and the Performance Improvement by Field Test*, SAE-Paper 2006-01-0164, 2006
- [53] **Power Hybrid Deutschland GmbH**, *Umrüstsatz zur Kraftstoffeinsparung bei Personenkraftwagen*, Patentanmeldung DE20 2005 018 560 U1, 2006
- [54] **Preis, K.-H.**, *Optimiertes Thermo-Management mit Lüftersteuerung*, VDI-Berichte, Nr.1415, Seite 65-78, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1998
- [55] **Rhode-Brandenburger, K.**, *Verfahren zur einfachen und sicheren Abschätzung von Kraftstoffverbrauchspotenzialen*, In Einfluss von Gesamtfahrzeugparametern auf Fahrzeugverhalten/Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch, Essen, Haus der Technik, 1996
- [56] **Rocklage, G.M.; Riehl, G.; Vogt, R.**, *Requirements on New Components for Future Cooling Systems*, SAE-Paper 2001-01-1767, 2001
- [57] **Rombach, M.**, *Electrical Vacuum Pump*, Pierburg Pump Technology, Neuss, 2008
- [58] **Röser, P.**, *Energetisch optimiertes Kraftfahrzeugkühlsystem*, Band 31, Renningen, Expert-Verlag, 2007
- [59] **Sauvlet, N.; Kraxner, D.**, *Potenzialanalyse zur Bewertung von Zusatzaggregaten in Sportwagen*, VDI-Berichte, Nr. 1565, Seite 109-125, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2000
- [60] **Schmidt, M.**, *Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs von Nebenaggregaten im Kraftfahrzeug*, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 537, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2003

- [61] **Schmidt, M.**, *Nebenaggregate–Management III*, Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV), Heft 701, Frankfurt, 2000
- [62] **Schmidt, M.**, *Nebenaggregate–Management*, Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV), Heft 662, Frankfurt, 1998
- [63] **Schlenz, D.**, *Kraftstoffverbrauch der Klimaanlage*, PKW-Klimatisierung, Haus der Technik, Renningen, Expert-Verlag, 2000
- [64] **Schoberth, G.**; *hausinterne Angabe, basierend auf Konversation mit dem Autor.*
- [65] **Siebenpfeiffer, W.**, *Der neue A4*, ATZ/MTZ - Sonderausgabe 11/2000, Seite 69, 2000
- [66] **State of California**, *Air Resources Board: Draft Technology and Cost Assessment for Proposed Regulations to Reduce Vehicle Climate Change Emissions*, 2004
- [67] **Supplier Business**, *Thermal Equipment Report*, 2007
- [68] **Suzuki, K.; Inaguma, Y.; Haga, K.; Nakayama, T.**, *Integrated Electro-Hydraulic, Power Steering System with Low Electric Energy Consumption.*, SAE-Paper 950580, 1995
- [69] **Takeuchi, M.; Kuwahara, T.; Moro, T.**, *Scroll Compressor*, Patentanmeldung EP 1 850 006 A2, 2007
- [70] **Taxis-Reischl, B.**, *Energieverbrauch von Klimaanlage und Wege zur Verbrauchsreduzierung*, ATZ (99), 9/1997, Seite 525-534, 1997
- [71] **Taxis-Reischl, B.; Maggioncalda, M.; Kampf, H.**, *PKW-Klimaanlagen: Kraftstoffersparnis durch Regelung der Verdampfertemperatur*, ATZ (99), 7/1997, Seite 442-450, 1997

- [72] **Unterforsthuber, J.**, *Hydrauliksystem zur Versorgung eines Aktuators, insbesondere eines Servo-Lenkzylinders, in einem Kraftfahrzeug*, Patentanmeldung DE 10 2006 014 194 A1, 2007
- [73] **Venkateshraj, A.V.K.; Vijayakumar, B.; Narayanan, V.; Anandakumaran Nair K.R.**, *High Power and High Efficiency Alternators for Passenger Cars*, SAE-Paper 2007-26-058, 2007
- [74] **Voss, B.**, *Wirkungsgradverbesserungen von Fahrzeugantrieben durch eine bedarfsorientierte Auslegung der Nebenaggregate und ihrer Antriebe*, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 159, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1992
- [75] **WABCO**, *Kompressoren: 1 –und 2 Zylinder*, Technische Broschüre im PDF-Format, www.wabco-auto.com, 12.3.2008
- [76] **Wallentowitz, H; Crampen, M.**, *Einfluss von Nebenaggregaten auf den Kraftstoffverbrauch bei unterschiedlichen Fahrzyklen*, ATZ (96), 11/1994, Seite 643-644
- [77] **Watanabe, Y.; Sekita, M.; Miura, S.**, *Saving Power by Demand Capacity Controlled Compressor*, SAE-Paper 2002-01-0232, 2002
- [78] **Wulfinghoff, D.R.**, *Scroll-Compressor*, Energy Efficiency Manual, Energy Institute Press, Seite 1314-1315, 1999
- [79] **Yu, W.; Szabela, W.**, *Energetic Efficiency Analysis and Performance Evaluation for a Closed Center Steering System*, SAE-Paper 2007-01-4217, 2007
- [80] **Yu, W.; Williams, D.**, *Energy Saving Analysis of a Power Steering System by Varying Flow Design*, SAE-Paper 2007-01-4216, 2007
- [81] **Zeitzen, F.**, *Scania R480, erste Ausfahrt*, Lastauto, Omnibus, Stuttgart, 85. Jg., 2007, Heft 3/08, Seite 14-17
- [82] **Zeng, X.; Major, G.A.**, *Automotive A/C System Integrated with Electrically-Controlled Variable Capacity Scroll Compressor*, SAE-Paper 2001-01-0587, 2001

8 Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1: Entwicklung der globalen, anthropogenen CO₂-Emissionen, [32], Seite 4

Bild 2.2: CO₂-Reduktion in der EU, Vereinbarung zwischen der ACEA und der EU, [32], Seite 5

Bild 3.1: Zusammenhang zwischen Kraftstoffverbrauch und CO₂, [31], Seite 9

Bild 3.2: Kraftstoffverbrauch von Neufahrzeugen im Intervall 1978-2004, [19], Seite 10

Bild 3.3: Typisches Verbrauchskennfeld eines Otto-Motors, [61], Seite 12

Bild 3.4: Willans-Kurvenschar eines Ottomotors, [61], Seite 13

Bild 3.5: Neuer europäischer Fahrzyklus, [13], Seite 15

Bild 3.6: IVK-Zyklus, Geschwindigkeitsverlauf über Fahrstrecke, [58], Seite 17

Bild 3.7: IVK-Zyklus, Geschwindigkeitsverlauf über der Zeit, [58], Seite 17

Bild 3.8: Realfahrzyklus Stadtverkehr, [62], Seite 19

Bild 3.9: Realfahrzyklus Überlandverkehr, [62], Seite 19

Bild 3.10: Realfahrzyklus Autobahnverkehr, [62], Seite 20

Bild 3.11: Leistungsaufnahme der Nebenaggregate eines PKW, [74], Seite 21

Bild 3.12: Reibmitteldrücke einzelner Nebenaggregate eines Verbrennungsmotors, [24], Seite 22

Bild 3.13: Reibmitteldrücke ausgewählter Serienmotoren, [26], Seite 23

Bild 3.14: Wellenleistung einer Kühlmittelpumpe, [60], Seite 27

Bild 3.15: Wirkungsgradkennfeld einer Kühlmittelpumpe an einem ausgeführten Serienmotor (1,0-1,4 Liter Hubraum) bei verschiedenen Drehzahlen der Kühlmittelpumpe, Seite 28

Bild 3.16: Kennfeld der Kühlmittelpumpe für den Linienbus, [74], Seite 30

Bild 3.17: Antriebsleistung als Funktion der Motordrehzahl, [74], Seite 31

Bild 3.18: Funktion der Viskokupplung, [6], Seite 34

Bild 3.19: Gleichstrommotor mit Vorwiderstand PWM-getaktete Motorsteuerung mit FCM, [54], Seite 36

Bild 3.20: Pulsweitenmodulation, [54], Seite 37

Bild 3.21: Elektrische Leistungsaufnahme FCM vs. konventionelle Lüftersteuerung, [54], Seite 37

Bild 3.22: Unterschiedliche Lüfter im Leistungsvergleich, [24], Seite 38

Bild 3.23: Gebläsekennlinien des Viskolüfters, [74], Seite 40

Bild 3.24: Relativer Verbrauchsanteil von Viskolüfter und Kühlmittelpumpe im Hochlastbereich, [34], Seite 41

Bild 3.25: Globale Verteilung von Lenkungssystemen im Jahr 2007, [8], Seite 43

Bild 3.26: Komponenten einer hydraulischen Lenkeinheit, [40], Seite 44

Bild 3.27: Wirkungsgradkennlinie einer Flügelzellenpumpe für konstantes Fördervolumen, [68], Seite 46

Bild 3.28: Druck-Lenkmoment-Kennlinie, [45], Seite 47

Bild 3.29: Häufigkeitsverteilung der Zahnstangenleistung bei verschiedenen Fahrzyklen, [40], Seite 48

Bild 3.30: Komponenten einer EHPS, [25], Seite 50

Bild 3.31: Stromaufnahme vs. Volumenstrom bei $p =$ konstant im nicht gelenkten Zustand, [5], Seite 52

Bild 3.32: Energieverbrauch P/S vs. EHPS, [20], Seite 54

Bild 3.33: Bauteile des EPS in der Übersicht, [40], Seite 55

Bild 3.34: Leistungsvergleich von Lenksystemen im Realfahrzyklus sowie im NEFZ, [40], Seite 57

Bild 3.35: Energieverbrauch P/S vs. EPS, [20], Seite 58

Bild 3.36: Kältemittelkreislauf und Komponenten einer Klimaanlage, [29], Seite 61

Bild 3.37: Kreisprozess einer R134-a Klimaanlage, [82], Seite 62

Bild 3.38: Taumelscheibenkompressor, [29], Seite 64

Bild 3.39: Erforderliche Antriebsleistung eines ungeregelten Klimakompressors, [62], Seite 65

Bild 3.40: Kennfeld eines variablen Klimakompressors, [61], Seite 66

Bild 3.41: Abhängigkeit der Klimaanlageleistung von der Außentemperatur, [70], Seite 68

Bild 3.42: Flügelzellenvakuumpumpe, Seite 72

Bild 3.43: Luftpresser, [29], Seite 73

Bild 3.44: Antriebsleistung und Schleppleistung eines Luftpressers, [36], Seite 74

Bild 3.45: Durchschnittliche Leistungswerte elektrischer Verbraucher im Kfz, [50], Seite 76

Bild 3.46: Prognostizierter Anstieg der Generatorleistung bis 2010, [50], Seite 77

Bild 3.47: Haltepausen, [50], Seite 78

Bild 3.48: Generatorstrom als Fkt. der n_M , [50], Seite 79

Bild 3.49: Schnitt durch einen luftgekühlten Kompaktgenerator, [50], Seite 80

Bild 3.50: Schnitt durch einen flüssigkeitsgekühlten Kompaktgenerator, [50], Seite 82

Bild 3.51: Wirkungsgradkennfeld eines luftgekühlten Kompaktgenerators, [50], Seite 83

Bild 3.52: Wirkungsgradabnahme luftgekühlter und flüssigkeitsgekühlter Generatoren im Vergleich, [47], Seite 84

Bild 3.53: Aufteilung der Verluste bei Drehstromgeneratoren, [50], Seite 85

Bild 3.54: Kennlinie der aufgenommenen Leistung eines Drehstromgenerators, [50], Seite 87

Bild 4.1: Mögliche Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung, bezogen auf einen Standard-Benziner sowie einen Standard-Diesel im NEFZ, [19], Seite 95

Bild 4.2: Einfluss der Kühlmitteltemperatur auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit bestimmter Betriebszustände, [56], Seite 102

Bild 4.3: Häufigkeitsverteilung von Betriebspunkten im NEFZ sowie in einem Realfahrzyklus, [23], Seite 103

Bild 4.4: Verbrauchseinsparung im simulierten Stadtfahrzyklus mit abschaltbarer Kühlmittelpumpe, [23], Seite 104

Bild 4.5: Elektrische Kühlmittelpumpe, [28], Seite 106

Bild 4.6: Wirkungsgrad der elektrischen Kühlmittelpumpe, [28], Seite 107

Bild 4.7: Schnitt durch eine mögliche Ausführung der Pumpe, [27], Seite 109

Bild 4.8: Beispiel einer gebauten Pumpe, [27], Seite 110

Bild 4.9: Leistungsvergleich der vorliegenden erfindungsgemäßen Bauart mit einer konventionellen Kühlmittelpumpe, [27], Seite 110

Bild 4.10: Montage auf der Pumpenwelle, Montage auf dem Pumpengehäuse, [46], Seite 113

Bild 4.11: Einsparpotenzial durch Einsatz einer elektromagnetischen Kupplung zum Antrieb der Kühlmittelpumpe, [46], Seite 114

Bild 4.12: Elektromagnetische Kupplung, integriert in eine Riemenscheibe, [46], Seite 115

Bild 4.13: Kompaktmodul, [46], Seite 115

Bild 4.14: Schema des MRF-Systems, [51], Seite 118

Bild 4.15: Mögliche Anordnung einer MRF-Kupplung, [51], Seite 119

Bild 4.16: Ausgeführter Kühlmittelpumpenantrieb über Reibrad, [48], Seite 121

Bild 4.17: Thermomanagement für den Pumpenantrieb, [48], Seite 122

Bild 4.18: Qualitative Aufteilung der Verluste einer mechanischen Kühlmittelpumpe, [18], Seite 123

Bild 4.19: Vergleich des Zu und Abschaltverhaltens einer Bimetall sowie einer elektronisch angesteuerten Viskokupplung (Visctronic), [34], Seite 125

Bild 4.20: Temperatur und Drehzahlverlauf im Stufenversuch, [34], Seite 127

Bild 4.21: Relative Lüfter und Kupplungsarbeit beim Stufenversuch, [34], Seite 128

Bild 4.22: Relative Lüfter und Kupplungsarbeit im realen Fahrzyklus, numerisch simuliert, [34], Seite 129

Bild 4.23: Wirkschema, Elektro–hydraulische Einheit, [10], Seite 131

Bild 4.24: Closed loop Strategie des extern geregelten Lüfters, [10], Seite 132

Bild 4.25: Bimetall geregelter Lüfter vs. extern geregelter Lüfter, [10], Seite 132

Bild 4.26: Taumelscheibenkompressor bei minimalem Hubvolumen (5%), [52], Seite 136

Bild 4.27: Taumelscheibenkompressor bei maximalem Hubvolumen (100%), [52], Seite 137

Bild 4.28: Einstellung des Hubvolumens über Momentengleichgewicht, [52], Seite 137

Bild 4.29: Vergleich fixer und variabler Kompressor, [52], Seite 139

Bild 4.30: Leistungsaufnahme unterschiedlicher Kompressoren bei vorgegebener Außentemperatur ($t = 25^{\circ}\text{C}$), Seite 139

Bild 4.31: Antriebsdrehmomente im Vergleich, [52], Seite 140

Bild 4.32: Kompressordrücke im Vergleich, [52], Seite 141

Bild 4.33: Variabler Kompressor mit interner Regelung, [44], Seite 143

Bild 4.34: Variabler Kompressor mit externer Regelung, [44], Seite 143

Bild 4.35: Variabler Kompressor mit externer Regelung im Schnittmodell, [65], Seite 144

Bild 4.36: Internes Kontrollventil, [44], Seite 144

Bild 4.37: Externes Kontrollventil, [44], Seite 145

Bild 4.38: Int. Kontrollventil (Schema), [9], Seite 145

Bild 4.39: Ext. Kontrollventil (Schema), [9], Seite 146

Bild 4.40: Re-heat intern geregelt, Seite 147

Bild 4.41: Re-heat extern geregelt, Seite 148

Bild 4.42: Prüfstand (schematisch), [9], Seite 148

Bild 4.43: Fahrzeuggeschwindigkeit, Motordrehzahl sowie Kompressordrehzahl im NEFZ, [9], Seite 149

Bild 4.44: Temperatur an der Lüftdüse extern vs. intern, [9], Seite 152

Bild 4.45: Kondensatordrücke extern vs. intern, [9], Seite 153

Bild 4.46: Druckverhältnis extern vs. intern, [9], Seite 153

Bild 4.47: Leistungsaufnahme des Kompressors extern vs. intern, [9], Seite 154

Bild 4.48: Kraftstoffverbrauch p.a. intern vs. extern, [44], Seite 154

Bild 4.49: Kraftstoffverbrauchswerte fix vs. extern im Vergleich, [77], Seite 157

Bild 4.50: Jährliches Kraftstoffeinsparpotenzial extern vs. fix, [77], Seite 158

Bild 4.51: Spiralverdichter im Schnitt, [69], Seite 160

Bild 4.52: Laufzeug, [78], Seite 160

Bild 4.53 Wirkschema des Spiralverdichters, [78], Seite 161

Bild 4.54: Spiralverdichter und Hubkolbenkompressoren im Vergleich, [23], Seite 162

Bild 4.55: Realer Kälteprozess vs. idealer Kälteprozess, [63], Seite 168

Bild 4.56: Mögliches Einsparpotenzial aller Optimierungsmaßnahmen sowie des Idealkreislaufs im Vergleich zur Serie, [63], Seite 169

Bild 4.57: Zustandspunkte der Luft im Mollier-Diagramm bei $p = 1.013$ bar, [43], Seite 170

Bild 4.58: Wirkschema nach, [43], Seite 171

Bild 4.59: Enthalpien bei Verwendung energiereicher Außenluft, [43], Seite 172

Bild 4.60: Enthalpien bei Umluftregelung, [43], Seite 173

Bild 4.61: Enthalpien bei Umluftregelung mit variablem Set-Point des Kompressors, [43], Seite 175

Bild 4.62: Klimakompressor mit Riemenscheibengetriebe, [7], 176

Bild 4.63: Aufbau des Riemenscheibengetriebes, [7], Seite 177

Bild 4.64: Getriebeaufbau und relevante Übersetzungen, [7], Seite 178

Bild 4.65: Luftmassenstrom sowie Behaglichkeitstemperatur, [7], Seite 179

Bild 4.66: Variante 1.) bei einer Außentemperatur von 26°C , [7], Seite 181

Bild 4.67: Variante 2.) bei einer Außentemperatur von 26°C , [7], Seite 182

Bild 4.68: Variante 3.) bei einer Außentemperatur von 26°C, [7], Seite 183

Bild 4.69: Variante 1.) bei einer Außentemperatur von 34°C, [7], Seite 184

Bild 4.70: Variante 2.) bei einer Außentemperatur von 34°C, [7], Seite 184

Bild 4.71: Variante 3.) bei einer Außentemperatur von 34°C, [7], Seite 185

Bild 4.72: Zusammenfassung der Ergebnisse, [7], Seite 185

Bild 4.73: Optimaler Arbeitspunkt des Kondensatorlüfters, [41], Seite 187

Bild 4.74: Reglerstruktur der Lüftersteuerung, [61], Seite 188

Bild 4.75: Schema der Closed Center EHPS, [79], Seite 192

Bild 4.76: Berechneter Vergleich CC-EHPS vs. hydraulische Lenkung, [79], Seite 194

Bild 4.77: Modifizierte Open Center Lenkung mit paralleler EHPS-Einheit, [80], Seite 195

Bild 4.78: Vergleich modifizierte Pumpe vs. konventionelle Pumpe, [80], Seite 196

Bild 4.79: Berechneter Vergleich unterschiedlicher Systeme, [80], Seite 197

Bild 4.80: EHPS Demo-Fahrzeug, [30], Seite 200

Bild 4.81: Funktionsprinzip zwei unterschiedlicher Hydraulikpumpen, [40], Seite 201

Bild 4.82: Funktionsprinzip „Varioserv“, [40], Seite 202

Bild 4.83: Schnittmodell „Varioserv“, [40], Seite 203

Bild 4.84: Leistungsvergleich konventionelle Pumpe vs. „Varioserv“ , [40], Seite 204

Bild 4.85 Servolenkung nach Unterforsthuber, [72], Seite 207

Bild 4.86 Linien konstanter Leistung für ein gewähltes Fahrzeugmodell, [72], Seite 208

Bild 4.87: Ermittlung des Auslegungspunktes, [72], Seite 209

Bild 4.88: Beispielhaft dargestelltes Wertepaar bei Grundauslegung auf 0,8 kW, [72], Seite 210

Bild 4.89: Unterdeckungsgebiete bei gewählter Grundauslegung, [72], Seite 211

Bild 4.90: Erforderliche Zusatzleistung, [72], Seite 212

Bild 4.91: Erforderlicher Druck und Volumenbereich der Zusatzpumpe, [72], Seite 213

Bild 4.92: Auslegungsbereich der elektrischen Zusatzpumpe, [72], Seite 213

Bild 4.93: Konventionelles Design, verbesserte Füllung, [73], Seite 221

Bild 4.94: Stromabgaben im Vergleich, [73], Seite 221

Bild 4.95: Stromabgabe PM-Generator vs. konventioneller Generator bei 13.5 V, [11], Seite 222

Bild 4.96: Anordnung der PM in einem ausgeführten Beispiel, [73], Seite 223

Bild 4.97: Linearer Zusammenhang zwischen Drehzahl und Spannung beim PM-Generator, [39], Seite 224

Bild 4.98: Konstantspannungswandler (Regulator), [39], Seite 225

Bild 4.99: Bauteile eines PM-Generators, [39], Seite 226

Bild 4.100: Leistungsabgabe und Wirkungsgrad des PM-Generators, [39], Seite 226

Bild 4.101: Prototyp des PM - Generators, [39], Seite 227

Bild 4.102: Wirkschema des Energiemanagementsystems, [16], Seite 230

Bild 4.103: Verbrauchskennfeld zur Ermittlung von C, [16], Seite 231

Bild 4.104: Wirkschema im Teillastbetrieb, [16], Seite 232

Bild 4.105: Umrüstriemenscheibe, Originalriemenscheibe, [53], Seite 234

Bild 4.106: Wirkschema der elektrisch angetriebenen Vakuumpumpe, [2], Seite 237

Bild 4.107: Zusammenbaubeispiel einer elektrisch angetriebenen Vakuumpumpe, [57], Seite 239

Bild 4.108: Explosionsdarstellung einer elektrisch angetriebenen Vakuumpumpe, [57], Seite 239

Bild 4.109: Einzylinder Luftpresser mit PR-System, [75], Seite 241

Bild 4.110: Zweizylinder Luftpresser mit PR-System, [75], Seite 241

Bild 4.111: PR-System aktiv (Leerlauf), PR-System deaktiviert (Lastfall), [75], Seite 242

Bild 4.112: PR-System aktiv (Leerlauf), [75], Seite 242

Bild 4.113 PR-System nicht aktiv (Lastfall), [75], Seite 243

Bild 4.114: PR-System aktiv (Leerlauf), Zweizylinder-Luftpresser, [75], Seite 243

Bild 4.115: PR-System nicht aktiv (Lastfall), Zweizylinder-Luftpresser, [75], Seite 243

Bild 4.116: Leistungsvergleich geregelter Luftpresser vs. un-geregelter Luftpresser, [75], Seite 244

Bild 4.117: 2-stufiges Getriebe, Stufenloses Getriebe, [24], Seite 246

Bild 4.118: Einsparpotenzial im NEFZ als Funktion der Getriebe-spreizung für ein 2-stufiges Getriebe, [24], Seite 247

Bild 4.119: Verbrauchsanteile der einzelnen Nebenaggregate im NEFZ, [24], Seite 248

Bild 4.120: Stufenloses vs. 2-stufiges Getriebe, [24], Seite 249

Bild 4.121: Leistungsaufnahme der Nebenaggregate, bezogen auf eine gemeinsame Antriebsdrehzahl, [35], Seite 251

Bild 4.122: Drehzahlabstufung stufenlos vs. 2-stufiges Getriebe, [35], Seite 252

Bild 4.123: „Neuer“ niederländischer Stadtbus Fahrzyklus, [35], Seite 253

Bild 4.124: Einsparpotenzial beim Linienbus, [35], Seite 254

Bild 4.125: Einsparpotenzial beim Reisebus, [35], Seite 254

Bild 4.126: Einsparpotenzial beim LKW, [35], Seite 255

Bild 4.127: Variotrieb, [1], Seite 257

Bild 4.128: Konstante Drehzahlen der Nebenaggregate in einem Fahrprofil, [1], Seite 258

Bild 5.1: Kostenaufwand und Einsparpotenzial bei Anwendung verschiedener Maßnahmen am Kühlkreislauf eines Ottomotors., Seite 268

Bild 5.2: Kostenaufwand und Einsparpotenzial bei Anwendung verschiedener Maßnahmenpakete (Ottomotor), Seite 269

Bild 5.3: Kostenaufwand und Einsparpotenzial bei Anwendung verschiedener Maßnahmenpakete (Dieselmotor), Seite 270

Bild 5.4: Kostenaufwand und Einsparpotenzial bei einer sinnvollen Kombination aller Maßnahmen für Otto vs. Diesel, Seite 272

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Kriterien zur Worst-Case-Auslegung, [62], Seite 7

Tabelle 3.2: Leistungsvariablen bei Systemen mit Energieströmen, [60], Seite 9

Tabelle 3.3: Definierte Betriebszustände, [58], Seite 18

Tabelle 3.4: Betriebspunktabhängige Leistungsaufnahme der Nebenaggregate, [60], Seite 24

Tabelle 3.5: Leistungs- und Drehmomentcharakteristik einzelner Nebenaggregate, [62], Seite 25

Tabelle 3.6: Ermittelte Antriebsleistung der Kühlmittelpumpe, [58], Seite 29

Tabelle 3.7: Ermittelte Antriebsleistung des Viskolüfters, [58], Seite 39

Tabelle 3.8: Lenkungskennwerte der Fahrzyklen aus Bild 3.31, [40], Seite 48

Tabelle 3.9: Vermessene Fahrzeugflotte, [14], Seite 59

Tabelle 3.10: Verbrauch vs. Klimaanlagebetrieb bei unterschiedlichen Fahrzyklen, [76], Seite 67

Tabelle 3.11: Lastprofil für Frankfurt am Main, [42], Seite 69

Tabelle 3.12: Einsatzzweck luftgekühlter Generatoren, [50], Seite 81

Tabelle 3.13: 14 Volt Kompakt-Generatoren mit Angabe der Nennströme bei verschiedenen Drehzahlen, [50], Seite 81

Tabelle 3.14: Verbrauch vs. Generatorlast bei unterschiedlichen Fahrzyklen, [76], Seite 88

Tabelle 3.15: Recherchierte Verbrauchsanteile gängiger Nebenaggregate, Seite 91

Tabelle 4.1: Ermittelte Einsparpotenziale nach Graf, [31], Seite 96

Tabelle 4.2: Mögliches Einsparpotenzial beim Einsatz neuer Technologien pro Fahrzeugsegment, [66], Seite 97

Tabelle 4.3: Prognostizierte Kosten für den Einsatz neuer Technologien je Fahrzeugsegment, [66], Seite 99

Tabelle 4.4: Relative Kupplungsarbeit und mögliches Einsparpotenzial beim Stufenversuch, [34], Seite 128

Tabelle 4.5: Relative Kupplungsarbeit und mögliches Einsparpotenzial beim Straßenzklus, [34], Seite 129

Tabelle 4.6: Testbedingungen, [9], Seite 149

Tabelle 4.7: Messergebnisse und Einsparpotenzial bei einer Außentemperatur von 25°C, [9], Seite 150

Tabelle 4.8: Messergebnisse und Einsparpotenzial bei einer Außentemperatur von 35°C, [9], Seite 151

Tabelle 4.9: Testmatrix japanischer Fahrzyklus, [77], Seite 156

Tabelle 4.10: Festlegung der Hubvolumina des extern geregelten Kompressors, [77], Seite 156

Tabelle 4.11: Luftzustände und Kompressordrehzahl zur Berechnung des Kältekreislaufs, [63], Seite 163

Tabelle 4.12: Mögliches Einsparpotenzial aus den Optimierungsmaßnahmen, [63], Seite 167

Tabelle 4.13: Einsparpotenziale hinsichtlich Verdampfer und Kompressorleistung bei unterschiedlichen Wetterdaten/Fahrzuständen für den Standort Frankfurt/Main, [43], Seite 174

Tabelle 4.14: Außenluft und Behaglichkeitszustände, [7], Seite 180

Tabelle 4.15: EHPS-Anwendungen, [30], Seite 199

Tabelle 4.16: KV-Einfluss und mögliches CO₂-Reduzierungspotenzial im Vergleich (SB= Standard-Benziner, SD= Standard-Diesel), Seite 216

Tabelle 4.17: Simulierte Verbräuche mit unterschiedlichen Generatorwirkungsgraden, [62], Seite 219

Tabelle 4.18: Stromabgabe konventioneller Generator. vs. PM, [73], Seite 223

Tabelle 4.19: Fahrzeugeigenschaften der NFZ, [35], Seite 250

Tabelle 4.20: Mögliche Verbrauchseinsparungen im NEFZ bei unterschiedlichen Wirkungsgraden des Zwischengetriebes, [1], Seite 259

Tabelle 4.21: Mögliche Verbrauchseinsparungen aus Tabelle 4.20 in Prozent, [1], Seite 259

Tabelle 4.22: Einsparpotentiale durch Optimierungsmaßnahmen im PKW-Sektor, Seite 265

Tabelle 4.23: Einsparpotentiale durch Optimierungsmaßnahmen im NFZ-Sektor, Seite 266

Tabelle 5.1: Datenbasis zur Ermittlung des Einsparpotenzials sinnvoller Maßnahmenpakete, Seite 271