

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	iii
Vorwort des Autors	v
Kurzfassung	vii
Inhaltsverzeichnis	ix
Abkürzungen und Indizes	xi
Formelzeichen	xv
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Die Effizienzsteigerung des Antriebsstrangs muss trotz Hybridisierung und Elektromobilität weiter voranschreiten	1
1.2 Chancen durch Evolution des Antriebsstrangs mittels Restwärmemenutzung	4
1.3 Die Revolution des Antriebsstrangs durch Tiefenintegration und Substitution	5
1.4 Aufbau der Arbeit	6
2 Fahrzeugspezifische und thermodynamische Grundlagen der Restwärmemenutzung	7
2.1 Das Fahrzeugkühlungssystem als Basis für Integration und Substitution	7
2.1.1 Niedertemperaturkühlkreisläufe	8
2.1.2 Hochtemperaturkühlkreislauf	9
2.1.3 Motorkühlung	11
2.1.4 Kühlpaket im Frontend – Wärmesenke und begrenzendes Element	12
2.2 Thermodynamische Grundlagen	16
2.2.1 Der Carnot’sche Kreisprozess und die Hauptsätze der Thermodynamik	16
2.2.2 Prozess- und Zustandsgrößen	19
2.2.3 Charakterisierungen von Mehrphasenströmungen	20
2.2.4 Exergie & Anergie	21
2.3 Thermische Rekuperation in der Fahrzeuganwendung	22
2.4 Kreislauf auf Basis von Clausius und Rankine	28
2.4.1 Add-On Rankine Kreisläufe	31
2.4.2 Integrale Rankine Kreisläufe	34
3 Systemlayout und Komponentendesign des IRWN-Kreislaufs	37
3.1 Wahl des Antriebslayouts und Basisfahrzeugs	37
3.2 Systemdesign und Betriebsmodi	39
3.2.1 Der Kühlungsmodus	40
3.2.2 Der Rekuperationsmodus	43
3.3 Komponenten des IRWN-Systems – Eigenschaften, Anforderungen und Substitutionsvermögen	48

3.3.1	Arbeitsmedienleitungen und Kreislaufverbindung	48
3.3.2	Wärmeübertrager Motor mit Mischkreis	50
3.3.3	Abgaswärmeübertrager als Dampferzeuger mit Abgasbypass	55
3.3.4	Expansionsmaschine	57
3.3.5	Kondensator und Kühlluftregelung	59
3.3.6	Speisepumpe	61
3.3.7	Ausgleichsbehälter	62
3.3.8	Arbeitsmedienauswahl unter Berücksichtigung der Prozessrandbedingungen	64
3.3.9	Gesamtüberblick	66
4	Inbetriebnahme und Leistungsoptimierung des IRWN-Systems am Motorenprüfstand	69
4.1	Der Kühlungsmodus in Anwendung – Einfluss des Druckniveaus auf Bauteiltemperaturen und übertragenen Wärmestrom	70
4.2	Der Rekuperationsbetrieb: Beschreibung von Regelungsgrößen und Auswirkungen auf die Prozessführung	73
4.2.1	Systemniederdruck: Variationsmöglichkeiten und prozessspezifische Optimierung	74
4.2.2	Einflüsse des Motortemperaturniveaus auf die Kreislaufbetriebsparameter	78
4.2.3	Darstellung einer optimierten Prozessregelung für Top- und Bottoming-Cycle durch Vorlauftemperaturvariation am Verbrennungsmotor	80
4.2.4	Welche Einflüsse hat eine Änderung der Wärmesenkenleistung bei konstantem Niederdruck?	84
4.2.5	Abhängigkeit von Niederdruck und Kondensatoraustrittstemperatur für einen sicheren Betrieb bei transientem Anforderungsprofil	87
4.2.6	Weitere Einflussnahme auf die Prozessführung	90
4.2.7	Kombinierte Bewertung der möglichen Einflussnahmen hinsichtlich optimiertem Prozesswirkungsgrad und Systemrobustheit	92
5	Zusammenfassung & Ausblick	97
	Abbildungsverzeichnis	103
	Tabellenverzeichnis	107
	Literatur	109