



Fabian Schüppel (Autor)  
**Optimierung des Heiz- und Klimakonzepts zur Reduktion der Wärme- und Kälteleistung im Fahrzeug**

Fabian Schüppel

**Optimierung des Heiz- und Klimakonzepts zur Reduktion der Wärme- und Kälteleistung im Fahrzeug**



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7007>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>VIII</b>
0.1	Griechische Buchstaben: .....	VIII
0.2	Lateinische Formelzeichen: .....	VIII
0.3	Abkürzungen .....	IX
0.4	Kurzfassung .....	X
0.5	Abstract.....	X
<b>1</b>	<b>Problemstellung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Zielsetzung.....	2
<b>2</b>	<b>Grundlagen.....</b>	<b>3</b>
2.1	Energieformen .....	3
2.1.1	Primärenergie und Endenergie .....	3
2.1.2	Energiewandlung, Wirkungsgrad und Leistungszahl.....	4
2.1.3	Innere Energie und Enthalpie .....	4
2.2	Wärmestrom, Wärmestromdichte und Temperatur .....	5
2.3	Wärmetransport .....	5
2.3.1	Wärmestrahlung .....	6
2.3.2	Wärmeleitung .....	6
2.3.3	Konvektion .....	8
2.3.4	Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmeübergangskoeffizient.....	10
2.3.5	Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit und Wärmewiderstand .....	10
2.4	Wärmekapazität .....	11
2.4.1	Thermische Masse.....	11
2.4.2	Wärmespeicherung .....	12
2.5	Phänomene der Kondensation und Vereisung.....	13
2.5.1	Kondensation.....	15
2.5.2	Sublimation und Erstarren.....	16
2.6	Luftqualität .....	16
2.7	Thermische Behaglichkeit .....	18
2.8	Anforderungen an HVAC-Systeme.....	22
<b>3</b>	<b>Auslegung.....</b>	<b>25</b>
3.1	Auslegung der Spitzenleistung .....	25
3.2	Auslegung nach realen Wetterdaten .....	26
3.3	Abgeleitete Randbedingungen für Simulationsrechnungen .....	32
3.4	Fahrzeugklassen.....	33
3.5	Bewertungskriterien.....	34



<b>4 Heiz- und Kühlbedarf im Kfz .....</b>	<b>35</b>
4.1 Leistungen heutiger Fahrzeuge.....	35
4.2 Stationärer und instationärer Bedarf.....	37
<b>5 HVAC-Systeme .....</b>	<b>46</b>
5.1 <i>State of the Art</i> in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.....	47
5.2 <i>State of the Art</i> in Fahrzeugen mit alternativen Antrieben .....	50
5.3 Wärmequellen und Kältesenken .....	53
5.3.1 Wärmequellen .....	53
5.3.1.1 Abwärmenutzung .....	53
5.3.1.2 Antriebsstrangmanagement.....	54
5.3.1.3 Elektrische Heizer .....	56
5.3.1.4 Direkte Beheizung (Sitzheizung, Lenkradheizung, Scheiben) .....	58
5.3.1.5 Wärmepumpen .....	60
5.3.1.6 Infrarotheizungen .....	64
5.3.1.7 Thermoelektrik.....	66
5.3.1.8 Brennstoffzuheizer .....	69
5.3.1.9 Schukeyprinzip .....	70
5.3.2 Kühlsysteme .....	71
5.3.2.1 Kompressionskältemaschine.....	71
5.3.2.2 Thermoelektrik.....	73
5.3.2.3 Ab- und Adsorptionskältemaschinen .....	74
5.3.2.4 Thermoakustische Kühlung .....	78
5.3.2.5 Dampfstrahlkältemaschinen.....	79
5.4 Lösungen mit Einfluss auf die Grundlast .....	79
5.4.1 Dämmung .....	80
5.4.1.1 Wärmedämmung: Konvektion und Wärmeleitung.....	80
5.4.1.2 Dämmung: Wärmestrahlung.....	83
5.4.2 Reduktion des Luftaustauschs und Abluftwärme-/Abluftkälterückgewinnung .....	87
5.4.3 Gezielte Anströmung der Insassen.....	91
5.4.3.1 Verbreiterung des Temperaturfensters.....	93
5.5 Lösungen mit Einfluss auf das Aufheiz- und Abkühlverhalten .....	93
5.5.1.1 Thermische Massen .....	93
5.5.1.2 Vorkonditionierung.....	96
5.5.1.3 „Parkmütze“, Jalousien innen/außen .....	97
5.5.1.4 Standlüftung.....	98
5.5.1.5 Thermische Speicher.....	100



<b>6</b>	<b>Simulationsmodell</b>	<b>104</b>
6.1	Einzonen-Klimatisierungssimulationsmodell	106
6.1.1	Massen und Wärmekapazitäten	107
6.1.2	Wärmeübergang von Karosserie zur Kabinenluft	107
6.1.3	Zuluftenthalpiestrom	110
6.1.4	Abluftenthalpiestrom	110
6.1.5	Insassenenthalpiestrom	111
6.2	Anwendung des Simulationsmodells	111
6.3	Parametrisierung des Modells	112
6.4	Validierung des Modells	113
6.5	Ermittlung der Einflussfaktoren	114
6.5.1	Einflussfaktoren mit dem größten Einfluss auf den Leistungsbedarf	116
<b>7</b>	<b>Bewertung der Einzelsysteme</b>	<b>117</b>
7.1	Leistungs- und Energiebedarf der Basisfahrzeuge	117
7.2	Erhöhung des CoPs	118
7.3	Direkte Beheizung	120
7.4	Wärmedämmung	122
7.5	Umluftbetrieb und Abluftrückgewinnung	125
7.6	Vorkonditionierung/Wärmespeicher	129
7.7	Reduktion der thermischen Massen	132
7.8	Auswertung der Simulationsergebnisse	134
<b>8</b>	<b>Konzepterstellung</b>	<b>135</b>
8.1	Simulationsergebnisse	135
8.2	Fehlerbetrachtung	137
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>139</b>
<b>10</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>141</b>
10.1	Literaturverzeichnis	141
10.2	Abbildungsverzeichnis	160
10.3	Tabellenverzeichnis	162
<b>11</b>	<b>Anhang 1</b>	<b>164</b>
<b>12</b>	<b>Anhang 2</b>	<b>165</b>
<b>13</b>	<b>Anhang 3</b>	<b>167</b>
<b>14</b>	<b>Anhang 4</b>	<b>169</b>
<b>15</b>	<b>Anhang 5</b>	<b>171</b>
<b>16</b>	<b>Anhang 6</b>	<b>175</b>