

Kältemittelbasierte Direkttemperierung von Batteriesystemen

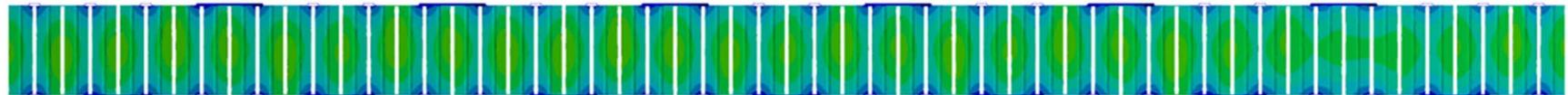
Ein alternatives Kühlkonzept zur Schnellladung von zwei- und vierrädrigen E-Fahrzeugen

Dipl.-Ing. Bastian Mayer, Institut für Fahrzeugkonzepte

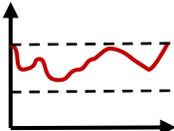


Übersicht

1. Schnellladung in unterschiedlichen Fahrzeugklassen
2. Grundbegriffe Batterietechnik
3. Herausforderung Batterieabwärme
4. Temperaturbedingte Zellalterung
5. Aktuelle Batterietemperiersysteme
6. Alternativer Lösungsansatz
7. Stand der Technik: Thermische Schnittstelle
8. Integration der Kühlstruktur in den Stromableiter
9. Förderprojekt ZEC-Bike
10. Ausblick



Schnellladung in untersch. Fahrzeugklassen

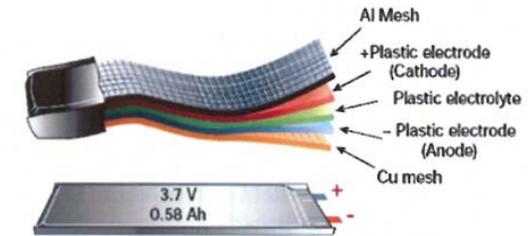
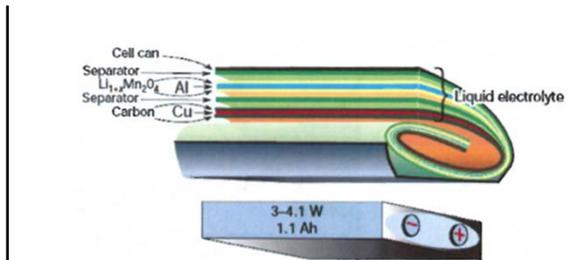
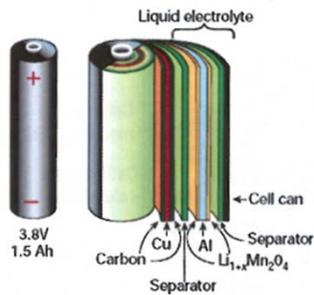
Fahrzeugklassen	Kleinkraftrad	Motorrad	PKW		NFZ
					
	rein elektrisch	rein elektrisch	rein elektrisch	Mildhybrid	rein elektrisch
Energieinhalt	2 kWh	12 kWh	100 kWh	0,5 kWh	212 kWh
Ladeleistung bei 4C	8 kW	48 kW	400 kW	16 kW	848 kW
Hybridleistungen					
Problemstellung	 <u>Schnellladung</u> Fahrzeug steht, konstant hohe elektrische Leistung (meist höher als mittlere Fahrleistung)			 <u>zyklischer Betrieb</u>	

Quellenangaben im Anhang



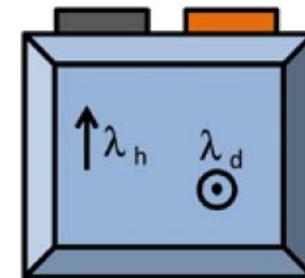
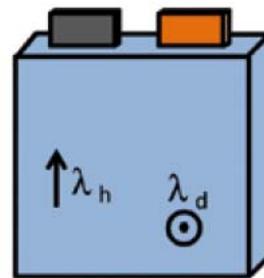
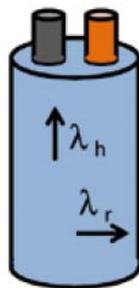
Grundbegriffe Batterietechnik

$$C - Rate = \frac{\text{Stromstärke } I \text{ [A]}}{\text{Kapazität } C \text{ [Ah]}} = \frac{I U_{Nenn}}{C U_{Nenn}} = \frac{\text{elektrische Leistung } P \text{ [kW]}}{\text{Energieinhalt } E \text{ [kWh]}}$$



$0,5 \text{ W/mK} < \lambda_r \text{ bzw. } \lambda_d < 2 \text{ W/mK}$

$20 \text{ W/mK} < \lambda_h < 50 \text{ W/mK}$

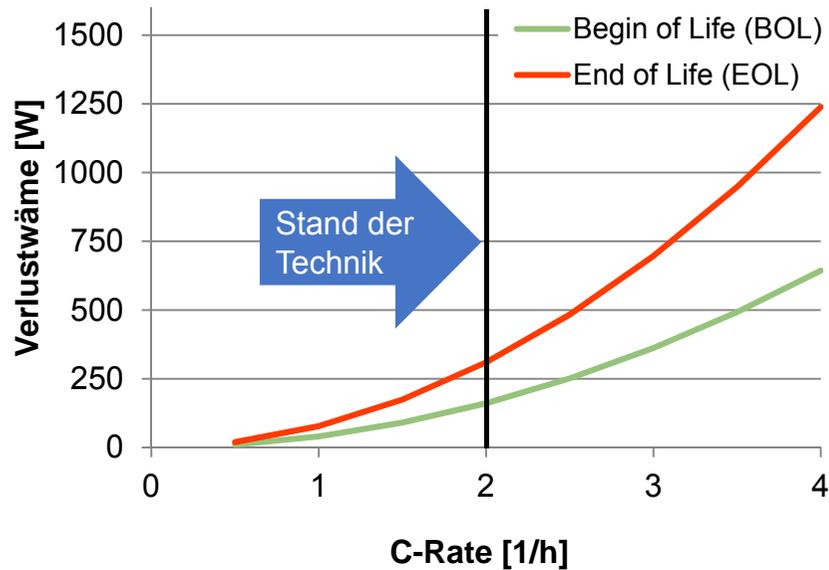


J.-M. Tarascon und M. Armand, *Nature*, Nr. 414, pp. 359-367, 2001

A. Wiebelt, T. Isermeyer, T. Siebrecht und T. Heckenberger, „Thermomanagement von Lithium-Ionen-Batterien,“ *ATZ*, Bd. 111, Nr. 07-08, pp. 500-504, 2009



Herausforderung Batterieabwärme



Beispielsystem: 48 V System; 14s16p; 2,4 kWh;
 $R_{i_BOL} = 19,94 \text{ m}\Omega$, $R_{i_EOL} = 38,4 \text{ m}\Omega$



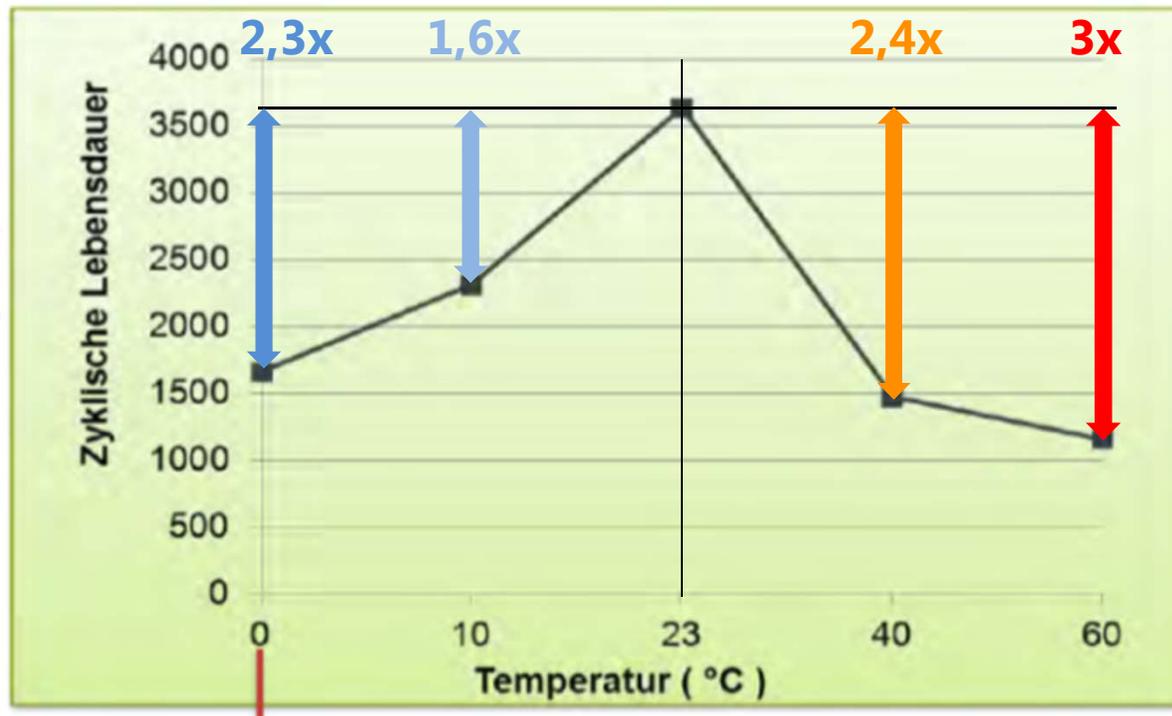
	L1e-Fahrzeug	Zukünftige Kfz-Batterien mit 4C
Kälteleistung HVAC (stationär/Pull down)		3 kW ¹ / 8 kW ¹
Kälteleistung Batterietemperierung	643 – 1238 W (6,6-12,9 % von 9,6 kW)	12 kW ¹ (BOL) (3 % von 400 kW)

¹Wawzyniak, Markus et al., Thermomanagement als Grundvoraussetzung für die elektrische Mobilität. In: Automobiltechnische Zeitung (ATZ) vol. 09 (2017), pp. 53–57



Temperaturbedingte Zellalterung

- Batteriealterung und Einsatzfähigkeit werden durch die Zelltemperatur stark beeinflusst

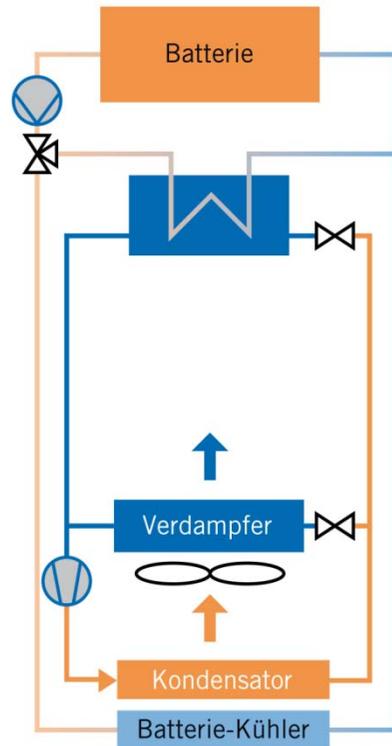


Lebensdauererhöhung durch eine Temperierung auf 23°C farblich dargestellt

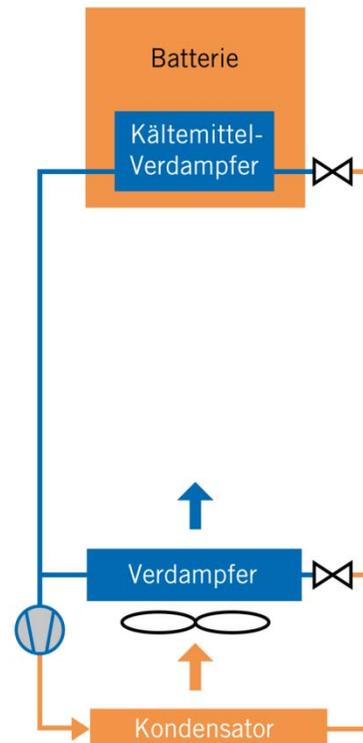
B. Dr.-Ing. Eberleh, „Thermomanagement für Li-Ionen Batterien als Schlüssel für Reichweite, Leistung und Lebensdauer,“ in VDI-Konferenz: Thermomanagement für elektromotorisch angetriebene Fahrzeuge, Stuttgart, 2012.



Aktuelle Batterietemperiersysteme



Indirekte Kühlung
mit der HVAC



Direkte Kühlung
mit der HVAC

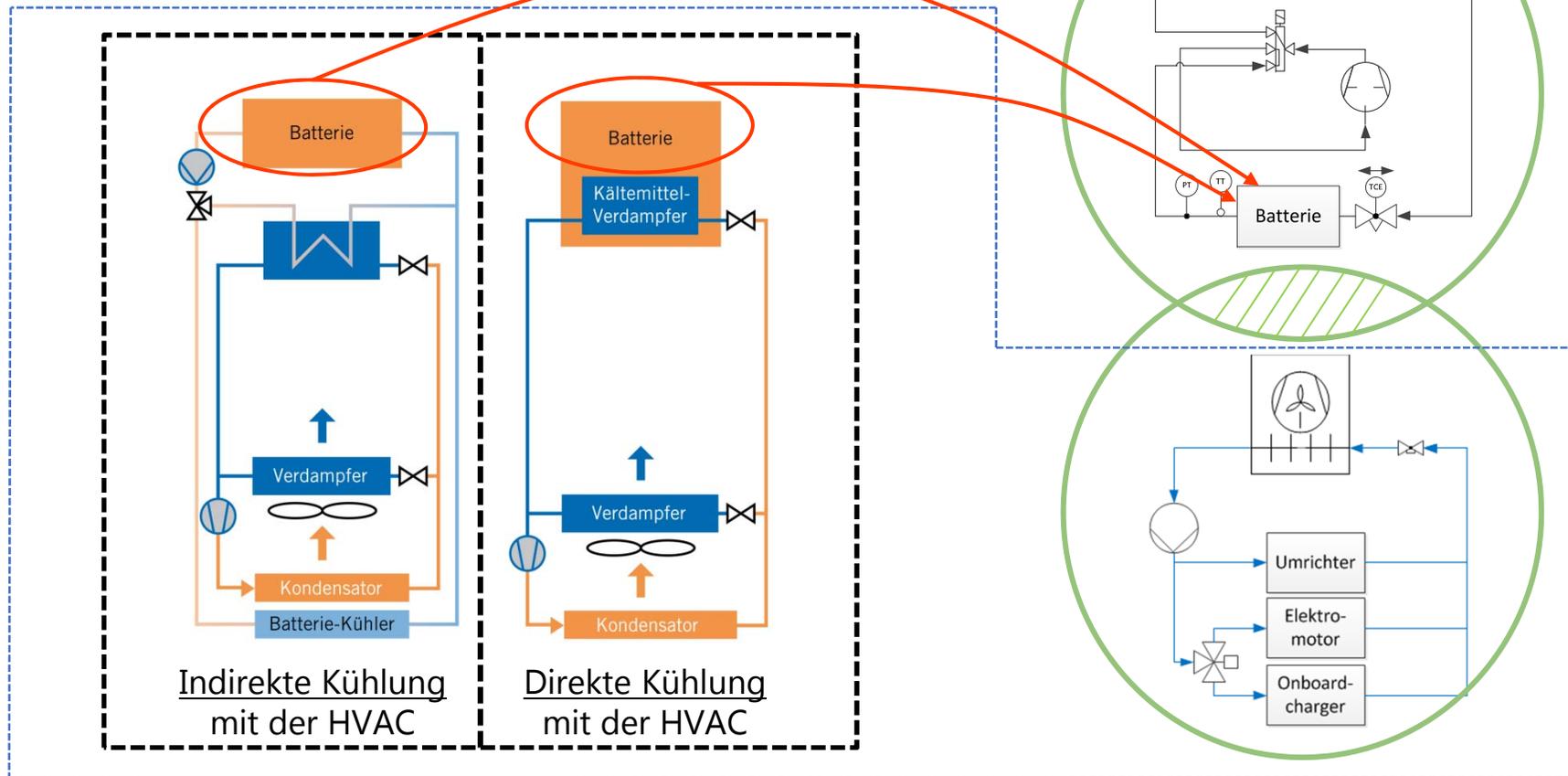
- HVAC-Systeme müssten größer werden
 - größerer Verflüssiger
 - größere Kühlöffnungen ($c_w \uparrow$)
 - stärkere Lüfter (Lärm)
 - größere oder schnelldrehende Verdichter
- Chillersysteme können die Temperaturinhomogenität der Zellen durch starke Erwärmung des Kühlmediums nicht ausreichend kompensieren

D. Neumeister, W. Achim und T. Heckenberger, „Systemeinbindung einer Lithium-Ionen-Batterie in Hybrid- und Elektrofahrzeuge, *Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ)*, Bd. 112, Nr. 4, pp. 250-255, 2010



Lösungsansatz

Kopplung der Systeme



Vorhandene Kühl- und Kältekreise im Elektro-PKW

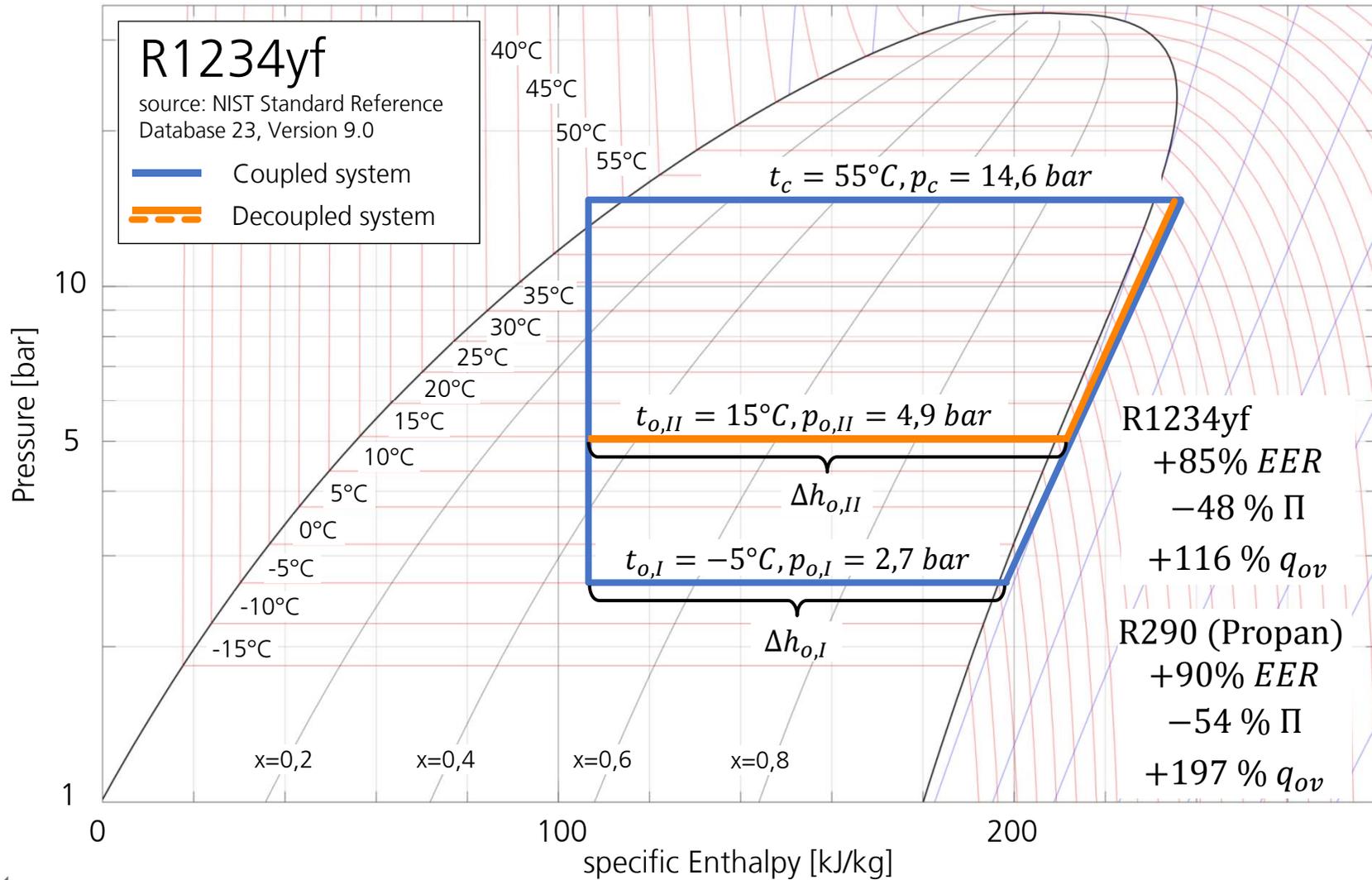


Vor- und Nachteile

- + Vereinfachter Umschaltbetrieb der HVAC
- + Integration der Batteriekühlung/-heizung in die vorhandenen Kühlkreisläufe für E-Maschine, Umrichter und On-board Ladegerät
- + Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Effizienz
- + Einsatz von alternativen Kältemitteln
- + Geräuschminderung
- Zusätzliche Komponenten
- Brennbarkeit von alternativen Kältemitteln



Abschätzung 1-stufiger Prozess

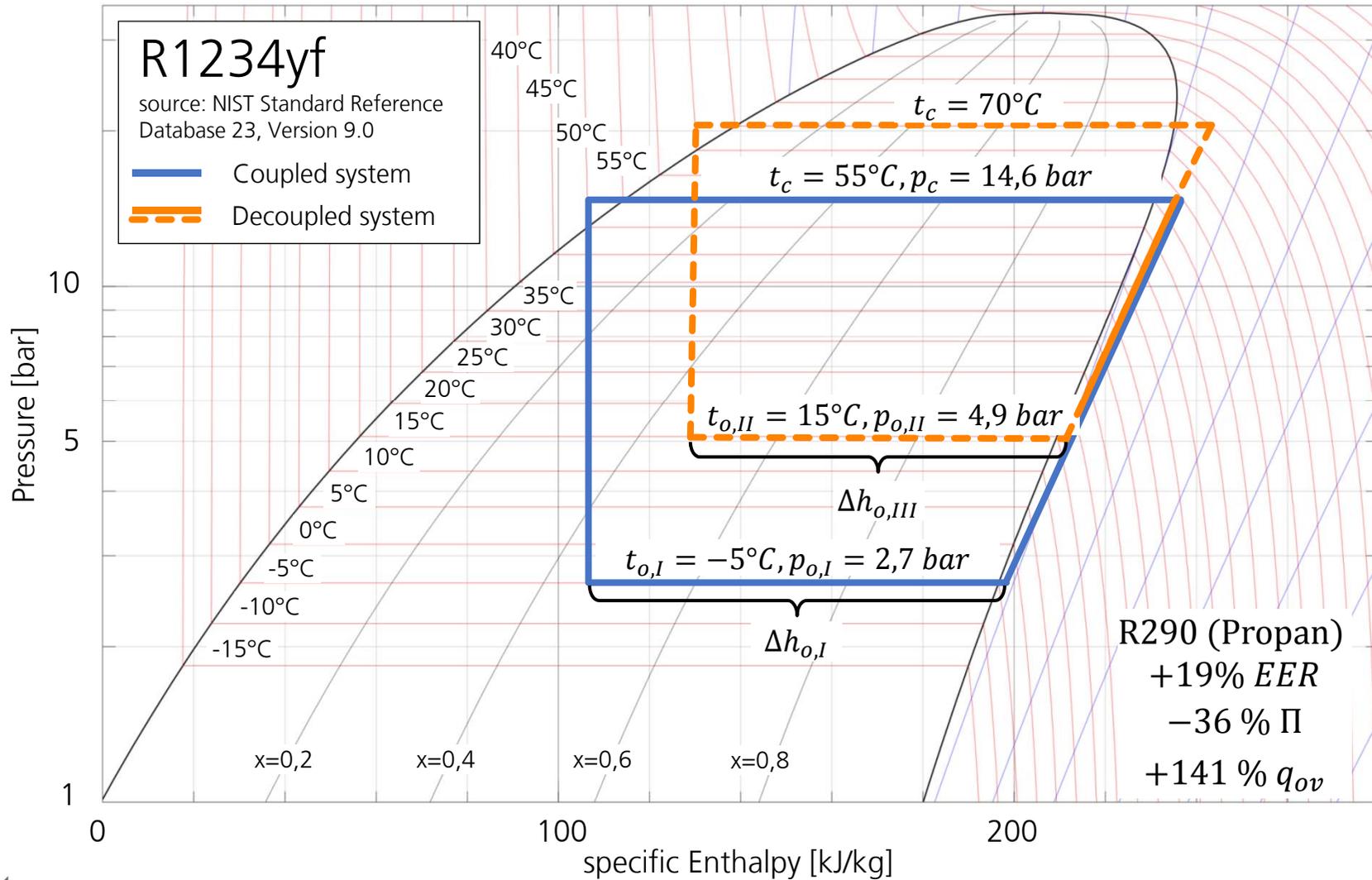


Vor- und Nachteile

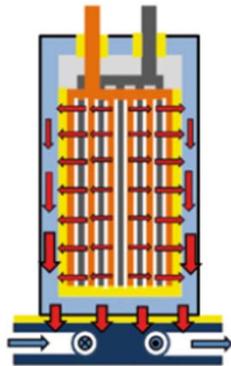
- + Vereinfachter Umschaltbetrieb der HVAC
- + Integration der Batteriekühlung/-heizung in die vorhandenen Kühlkreisläufe für E-Maschine, Umrichter und On-board Ladegerät
- + Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Effizienz
- + Einsatz von alternativen Kältemitteln
- + Geräuschminderung
- Zusätzliche Komponenten
- Brennbarkeit von alternativen Kältemitteln



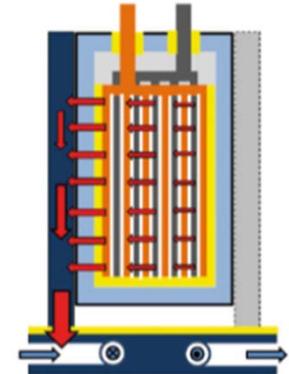
Abschätzung 1-stufiger Prozess



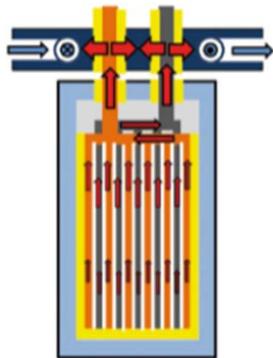
Stand der Technik: Thermische Schnittstelle (1)



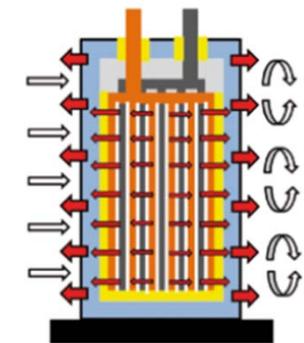
Boden-/ Kopfkühlung



Seitenkühlung



Ableiterkühlung

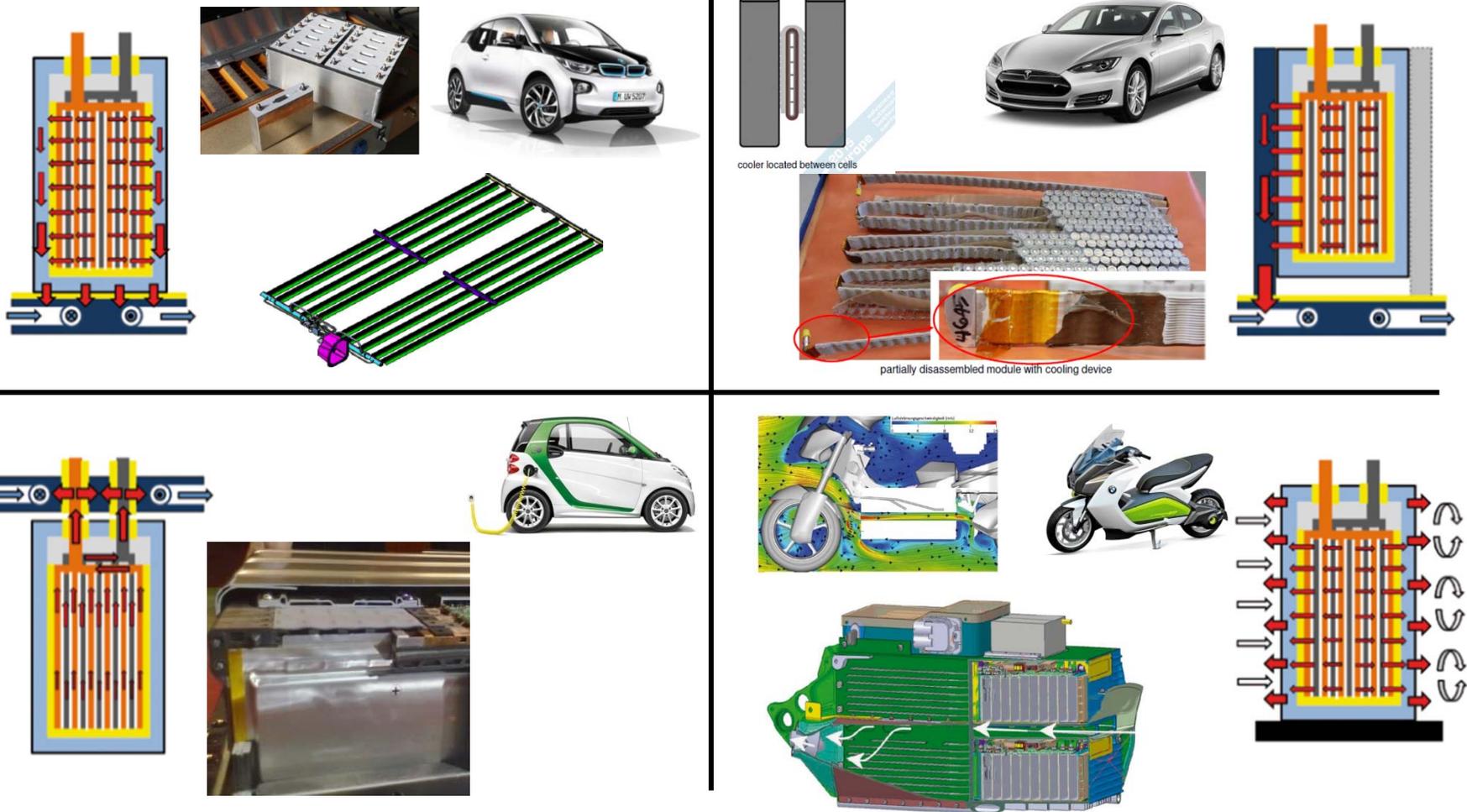


Luftkühlung

A. Wiebelt, T. Isermeyer, T. Siebrecht und T. Heckenberger, „Thermomanagement von Lithium-Ionen-Batterien,“ ATZ, Bd. 111, Nr. 07-08, pp. 500-504, 2009



Stand der Technik: Thermische Schnittstelle (1)

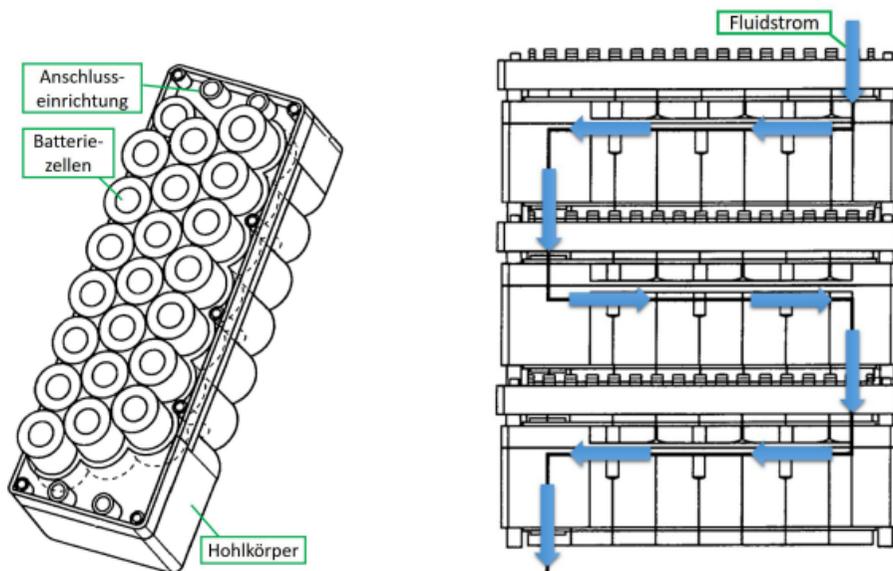


Quellenangaben im Anhang

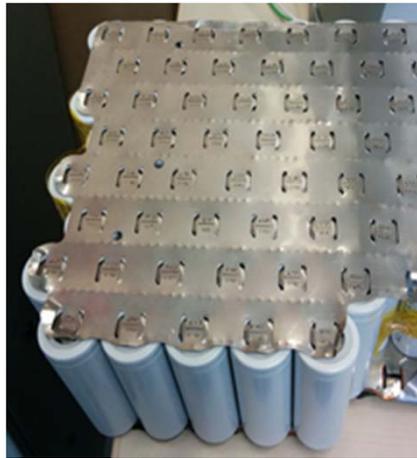
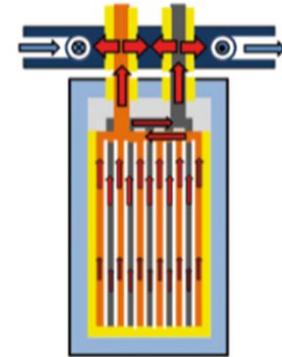


Stand der Technik: Thermische Schnittstelle (2)

- Patent DE 10 2015 013 377 A1
- Zellen im Kühlfluid
- 3M Novec
 - Elektrisch nichtleitend
 - Nicht brennbar und nicht entflammbar



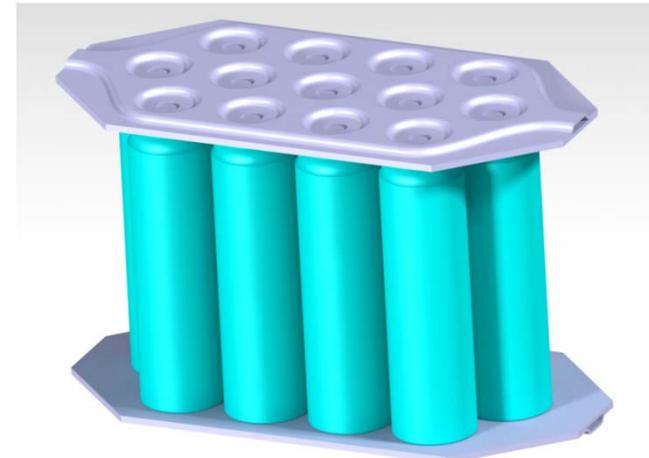
Integration der Kühlstruktur in den Stromableiter



+



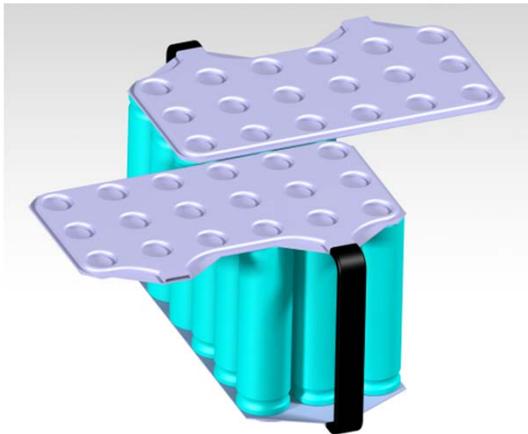
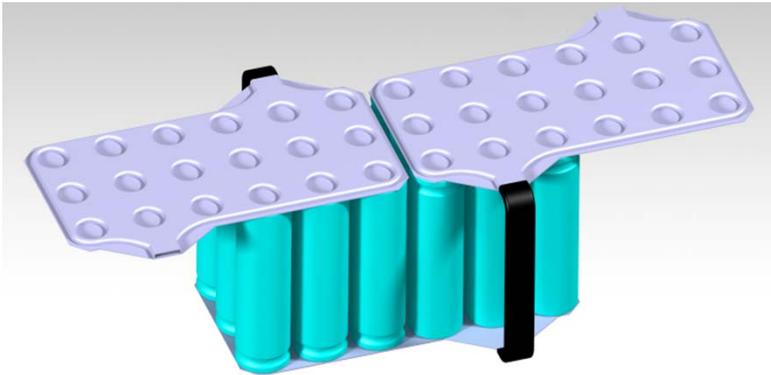
=



Patentanmeldung erfolgt



Erste Generation



Probleme:

- Gleichmäßige Verteilung des Fluidstroms
- Kein Ausgleich der Toleranz des Rollbondings
- Fertigbarkeit am Rand nicht gegeben
- Temperaturunterschiede durch fortlaufenden Druckverlust
- Rohrleitungen auf beiden Seiten
- Großes Innenvolumen



Zweite Generation

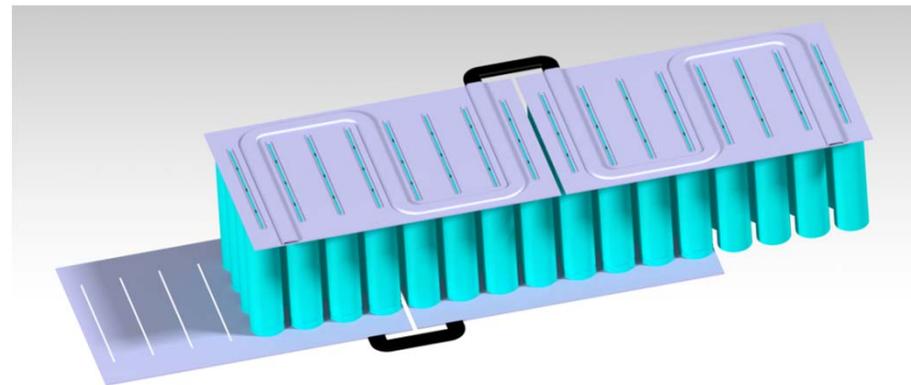
Variante 1



Variante 2

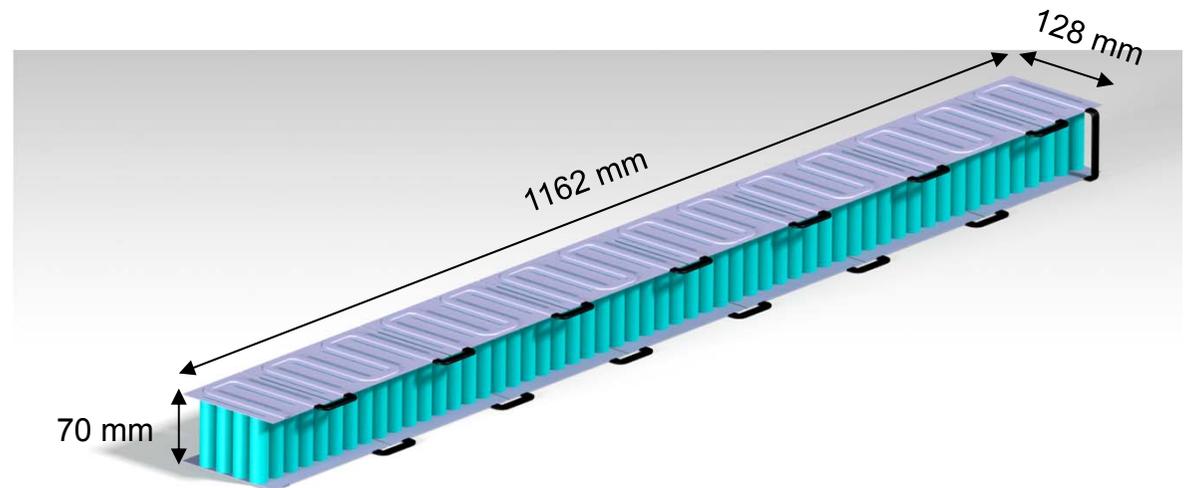


Variante 3



FEM Simulation

- FEM Simulation mit ANSYS Mechanical
- Wärmeübergangskoeffizienten und Druckverlust aus Korrelation
- Vereinfachtes Zellmodell $\lambda_r = 0,5 \frac{W}{mK}$ und $\lambda_h = 20 \frac{W}{mK}$
- Batteriepack mit 16p14s ~2,4 kWh
- Schnellladung BOL mit 4C -> 2,8 W Abwärme pro Zelle

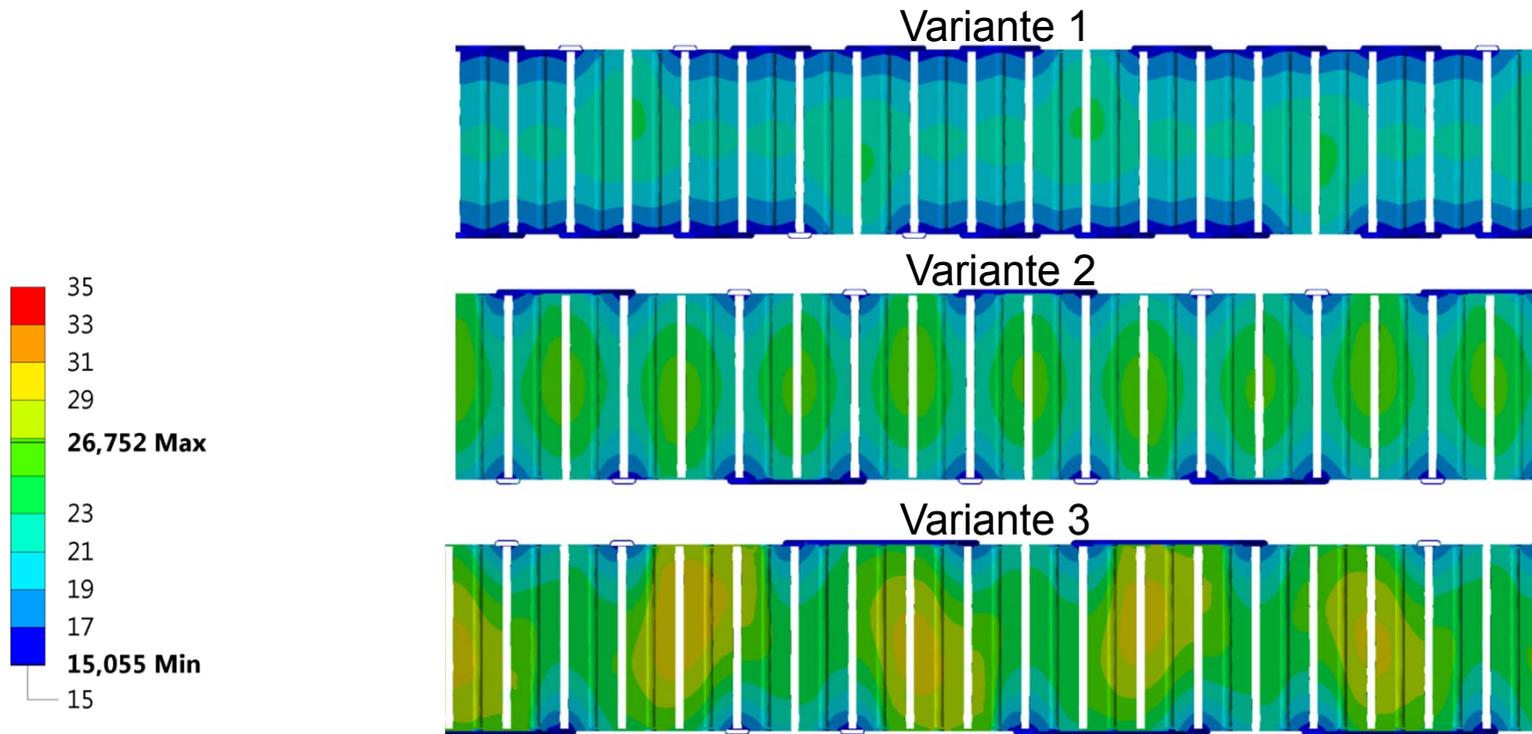


Kim, S.-M. & Mudawar, I. Review of databases and predictive methods for pressure drop in adiabatic, condensing and boiling mini/micro-channel flows, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **2014**, 77, 74-97

Kim, S.-M. & Mudawar, I. Review of databases and predictive methods for heat transfer in condensing and boiling mini/micro-channel flows *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **2014**, 627-652



Ergebnisse



	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Rohrlänge	10,6 m	7,01 m	6,04 m
Druckverlust	2,17 bar	1,45 bar	1,26 bar
Temperatur am Plattenende	2,7°C	7,1°C	8,3°C



Förderprojekt ZEC-Bike (Zero Emission Cargo Bike)

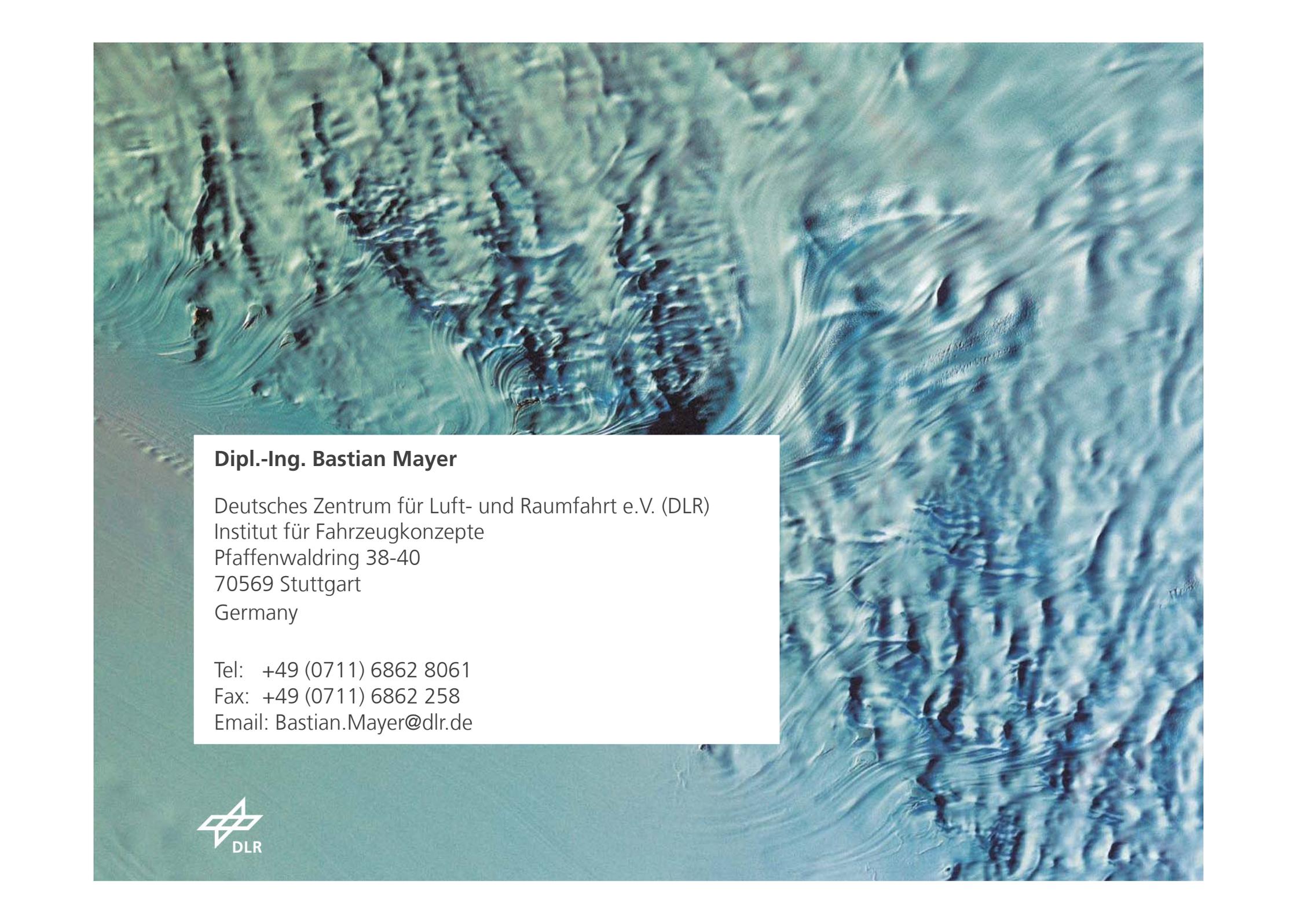
- Förderung des Projekts in der Landesinitiative Elektromobilität III
- Temperierung der schnellgeladenen Batterie (DLR)
- Elektrischer Allradantrieb mit ABS-Funktion und Drehmomentverteilung (Uni Ulm)
- Fahrzeugkonzept für Lastenmoped im Unterauftrag (Feddz)
- Projektbeginn April 2018



Ausblick

- Weitere Detaillierung der thermischen Schnittstelle
 - Einbindung eines verbesserten Zellmodells
 - Implementierung des Druckverlusts und Auswirkung auf
 - Verdampfungstemperatur
 - Wärmeübergangskoeffizient
 - Berücksichtigung der elektrischen Verbindungstechnik
- Kühl- und Kältekreislaufsimulation von Kopplungskonzepten
- Prüfstand zur Ermittlung der Parameter für
 - Verdichter
 - Kühlplatten
 - Verflüssiger
- Demonstration in realem Batteriesystem





Dipl.-Ing. Bastian Mayer

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Fahrzeugkonzepte
Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart
Germany

Tel: +49 (0711) 6862 8061
Fax: +49 (0711) 6862 258
Email: Bastian.Mayer@dlr.de



Anhang - Quellen

Folie 3:	<p>„Feddz Datenblatt“ [Online]. Available http://www.feddz.de [Zugriff am 03. November 2016]</p> <p>„Energica Ego Datenblatt“ [Online]. Available http://www.energicamotor.com/energica-ego-electric-superbike/ [Zugriff am 03. November 2016]</p> <p>V. Reber, „Neue Möglichkeiten durch Laden mit 800 Volt,“ <i>Porsche Engineering Magazin</i>, pp. 8-15, 2016.</p> <p>„Porsche Mission E Website“ [Online]. Available http://www.porsche.com/microsite/mission-e/germany.aspx [Zugriff am 03. November 2016]</p> <p>„Weltpremiere Urban eTruck“ [Online]. Available: https://www.daimler.com/produkte/lkw/mercedes-benz/weltpremiere-urban-etruck.html. [Zugriff am 03. November 2016]</p>
Folie 14:	<p>F. Schoewel & E. Hochgeiger, „The high voltage batteries of the BMW i3 and BMW i8“ <i>Advanced Automotive Battery Conference</i>, 2014</p> <p>V. Hennige, „The Tesla Model S Battery,“ <i>Advanced Automotive Battery Conference</i>, 2015</p> <p>D. Dickinson, „Fotos Smart ed Batterie,“ <i>Batterietag Aachen</i>, 2013</p> <p>C. Ebner, K. Danzer & C. Platz, „Batteriepackage des E-Scooter-Konzepts von BMW Motorrad“ <i>ATZ</i>, 03/2012, pp. 248-253</p>

