



Simulation Luftkühlung  
Batterie E-Dumper  
11.04.2017

Rouven Christen  
Gerhard Rizzo



**NTB**  
Interstaatliche Hochschule  
für Technik Buchs  
FHO Fachhochschule Ostschweiz



**ARGE**  
**E-Dumper**



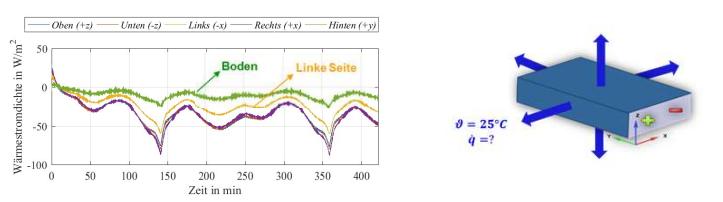
**EMS** INSTITUT FÜR ENTWICKLUNG  
MECHATRONISCHER SYSTEME

1

**Bisher**

**I. Thermische Charakterisierung der WS NCM125 AH Zelle**

a. mittels zyklischer Belastung mit 0,5C (Constant Current)

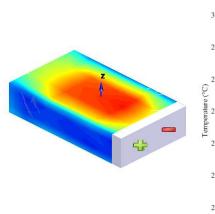


Wärmeleistungsdichte in  $\text{W/m}^2$

Zeit in min

Oben (+z) Unten (-z) Links (-x) Rechts (+x) Hinten (+y)

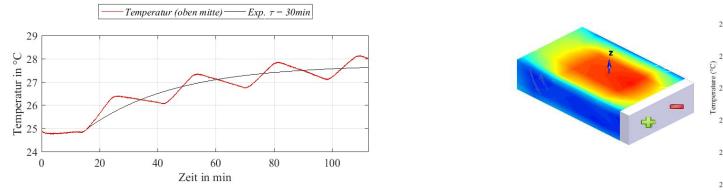
$\theta = 25^\circ\text{C}$   
 $\dot{q} = ?$



Temperatur in °C

24 25 26 27 28 29 30

a. unter Belastung mit realem Stromprofil E-Dumper



Temperatur in °C

24 25 26 27 28 29

Temperatur (oben mitte) Exp.  $\tau = 30\text{min}$

Zeit in min

2

## Heute



### ***II. Modellierung eines Batteriestacks mittels COMSOL Multiphysics***

- a. Bestimmung der Strömungsverteilung innerhalb des Packs (insb. in den Strömungskanälen zwischen den WS Zellen)
- b. Möglichkeiten zur Verbesserung der Strömungsverteilung

### ***III. Teil-Modellierung einer E-Dumper Batterie mittels COMSOL Multiphysics***

- a. Bestimmung der Strömungsverteilung innerhalb der E-Dumper Batterie
- b. Ermittlung der zu erwartenden Druckverluste aus FEM Modell und Korrelationen
- c. Bestimmung der therm. Verhältnisse innerhalb der E-Dumper Batterie

### ***IV. Designvorschlag und Zusammenfassung kritischer Gesichtspunkte***

- a. Anordnung Batteriepacks, Kühl-/Heizregister und Umwälzluft
- b. Massnahmen zur Reduzierung des Druckabfalls entlang Strömungsweg

3

3

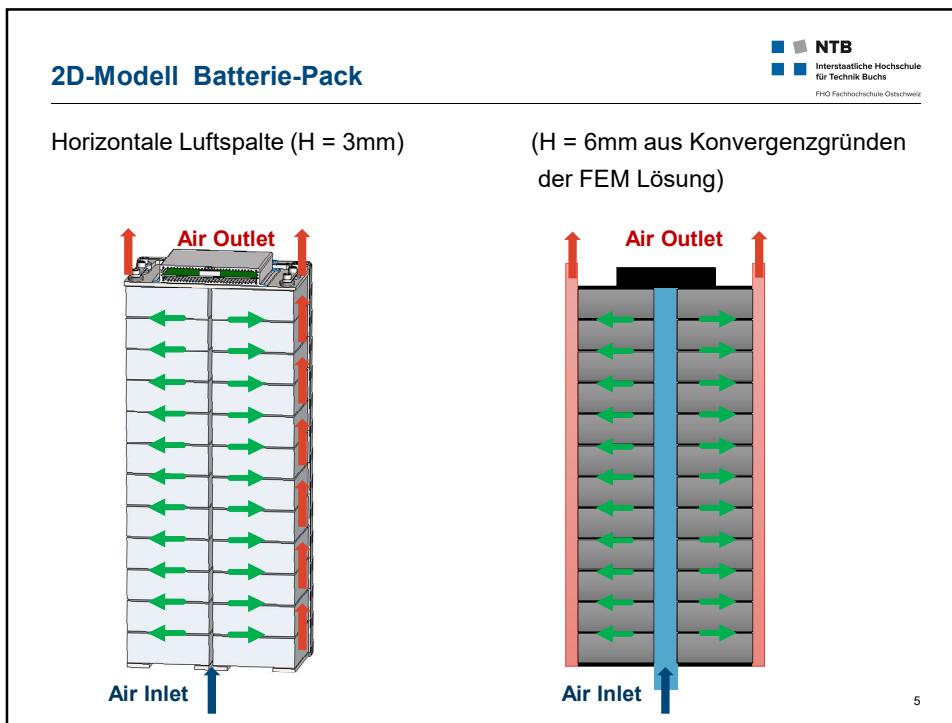
## Annahmen – Modellverifikation



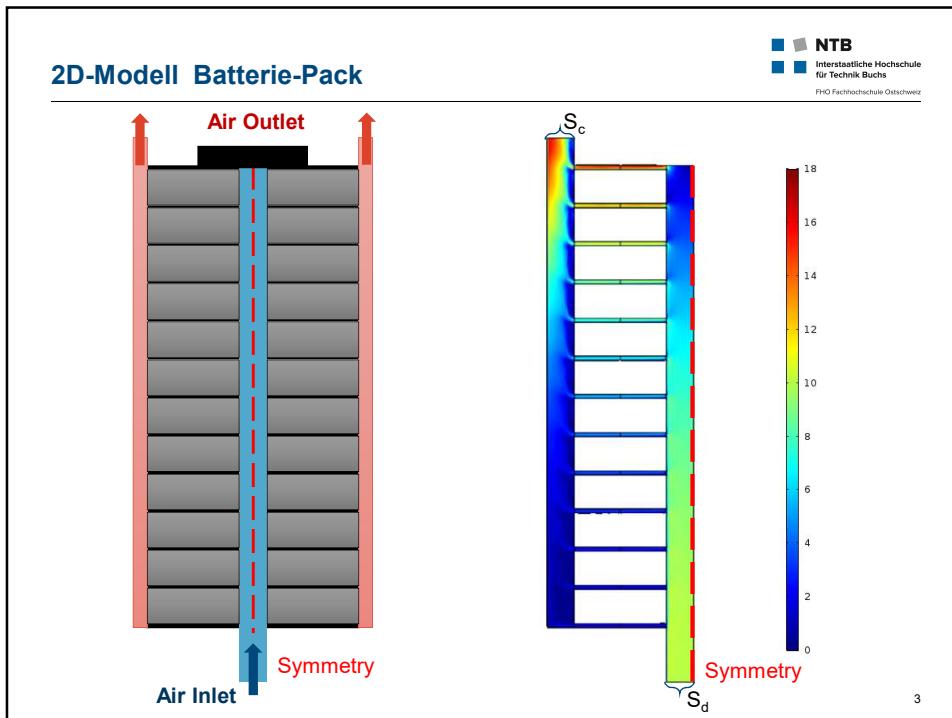
- *Die Zuströmung erfolgt gleichmäßig verteilt über den gesamten Strömungsquerschnitt am Lufteinlass (Effekte einer Ungleichverteilung verursacht durch Lüfter oder Strömungsumlenkung sind nicht berücksichtigt).*
- *Am Lufteintritt wurde die Strömung als Propfenströmung angesetzt, so dass sich im Strömungsspalt zwischen den Zellen ein Strömungsanlauf ausbildet (d.h. die Grenzschicht wird erst entlang des Strömungswegs aufgebaut).*
- *Die Zelle wird als homogener Block modelliert. Die Wärmeerzeugung von 2 W pro Zelle (siehe therm. Zellcharakterisierung) wird ebenfalls homogen auf das Zellvolumen verteilt angenommen.*
- *Zur Verbesserung der Strömungsverteilung im Batteriepack wurden Empfehlungen aus der Literatur herangezogen und nachgerechnet.*
- *Das FEM-Modell wurde mit «konventionellen» Korrelationen zur Bestimmung des Druckverlust und des Wärmeübergangs verifiziert und eine gute Übereinstimmung wurde festgestellt.*

4

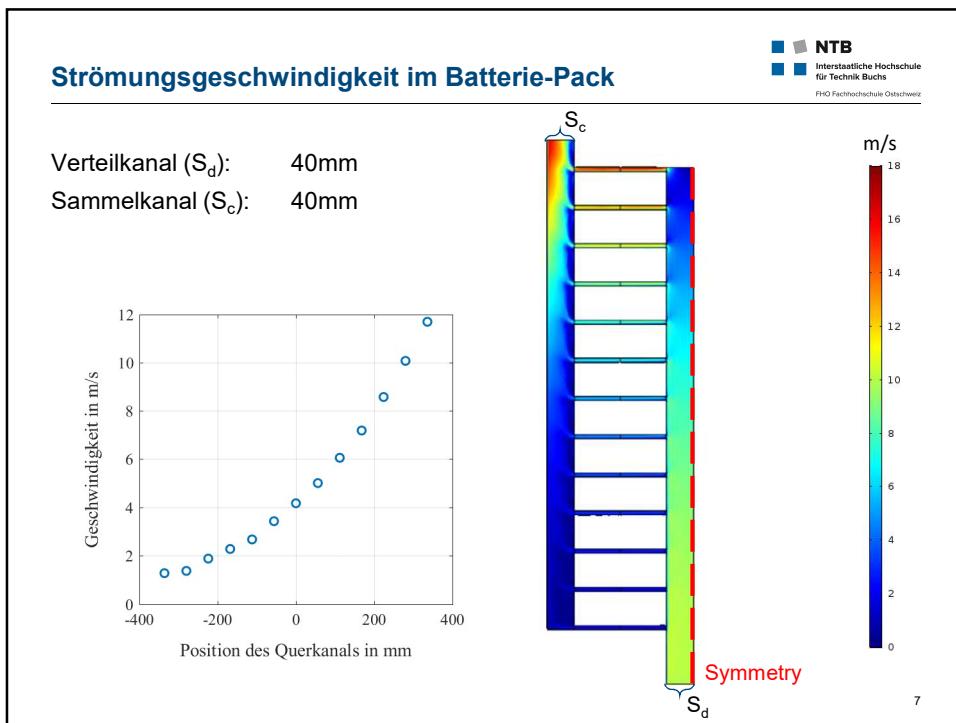
4



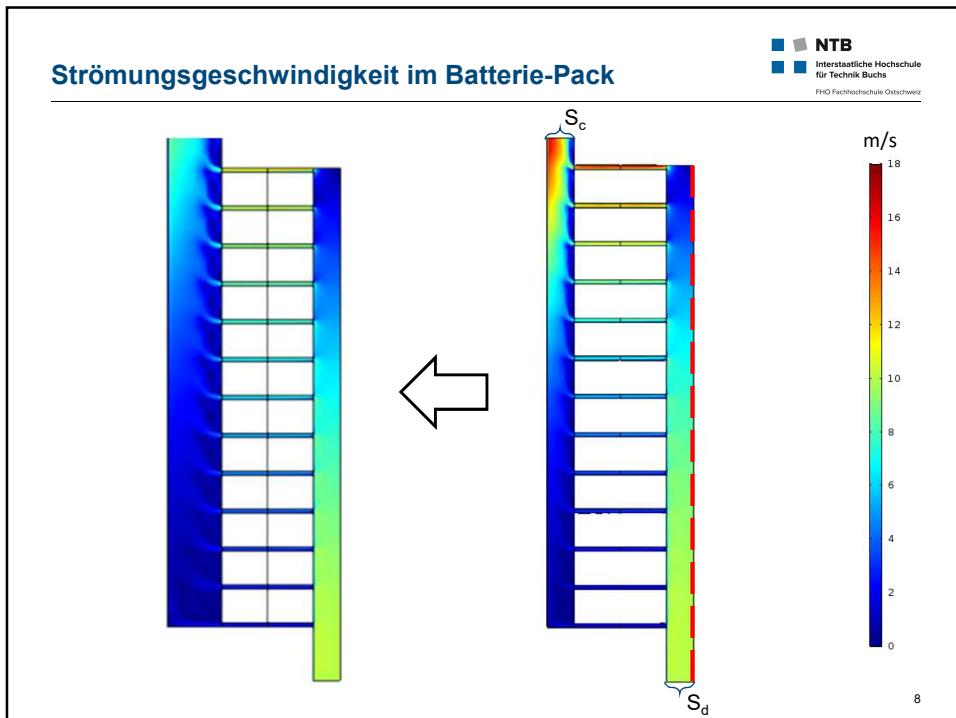
5



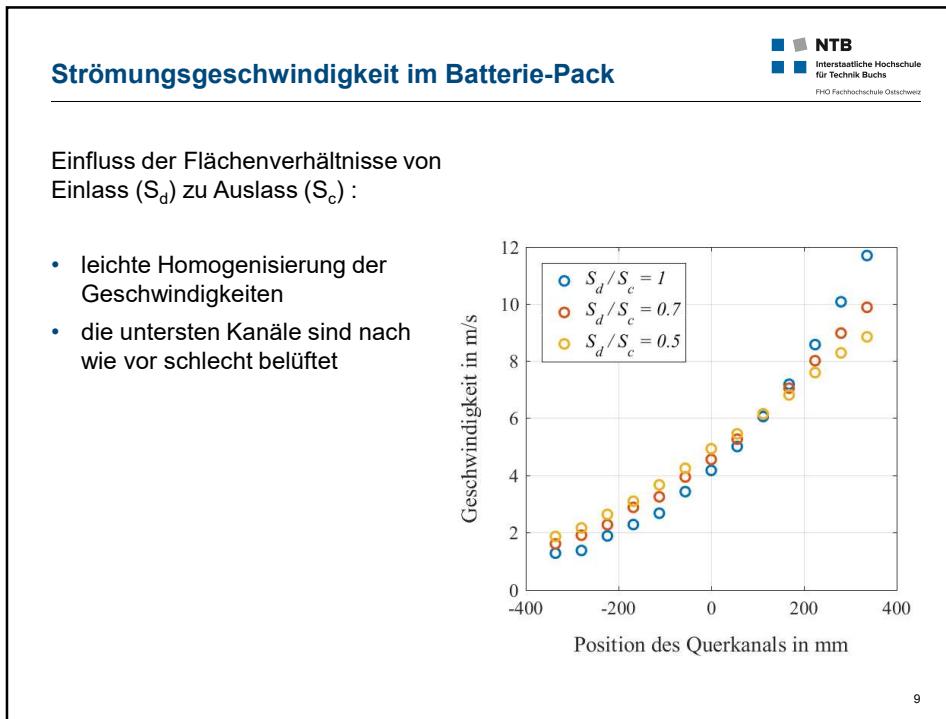
6



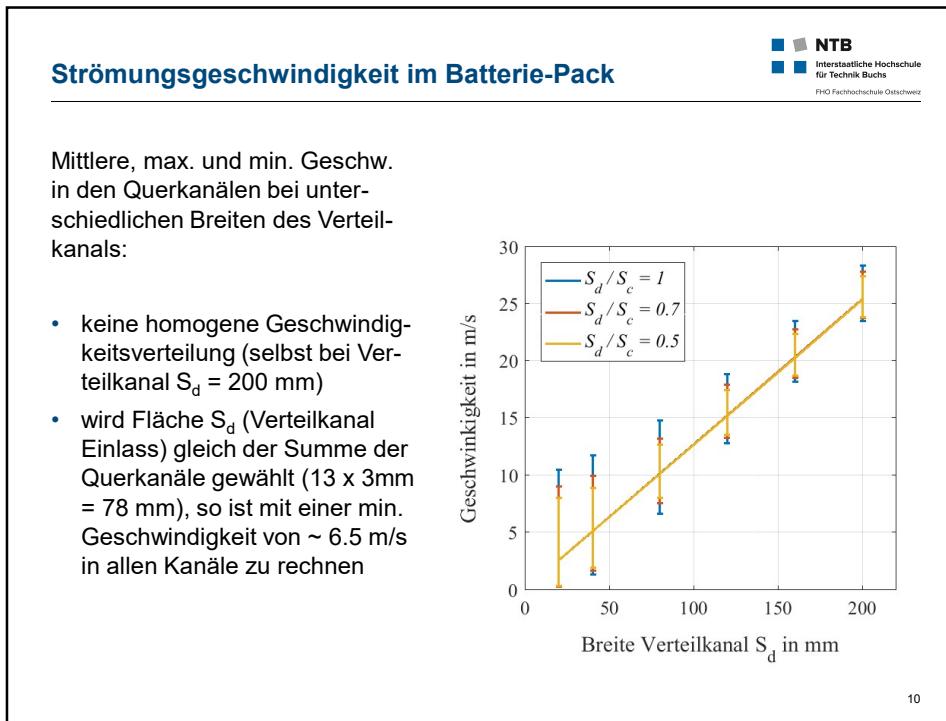
7



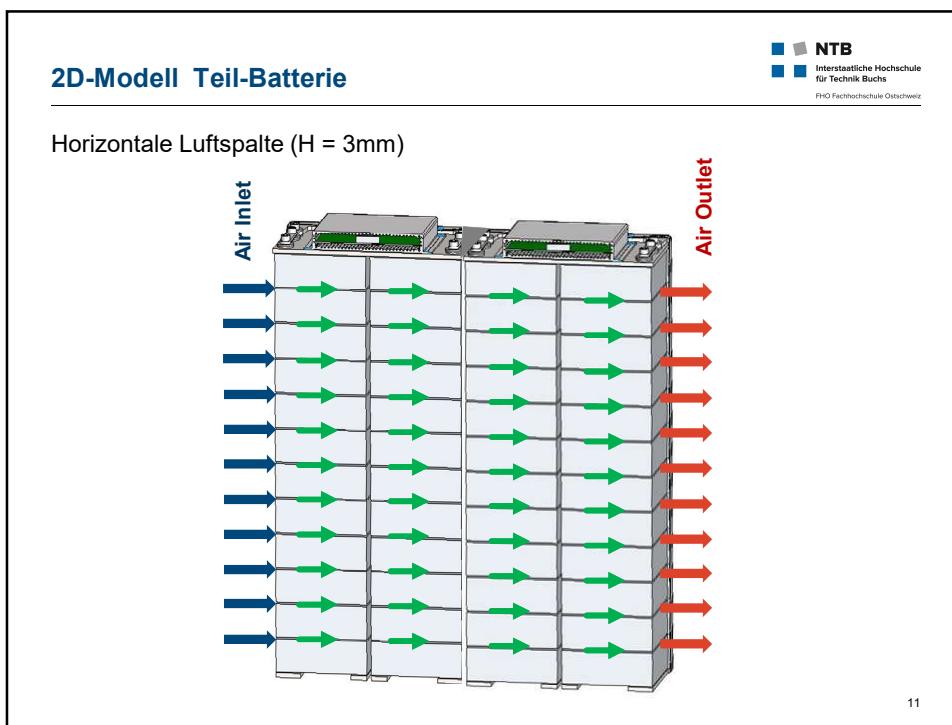
8



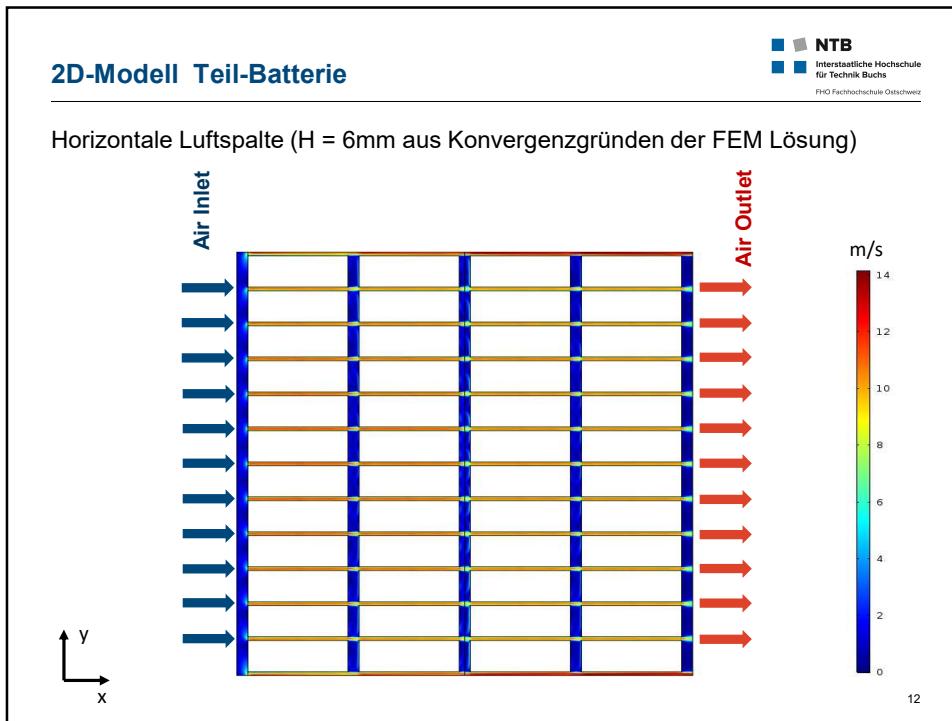
9



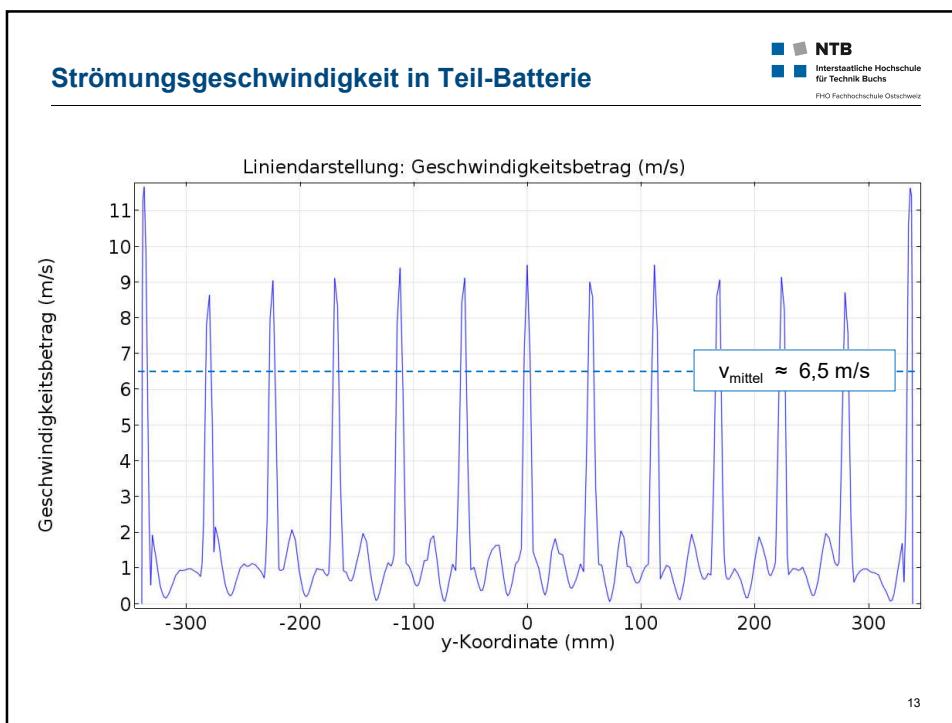
10



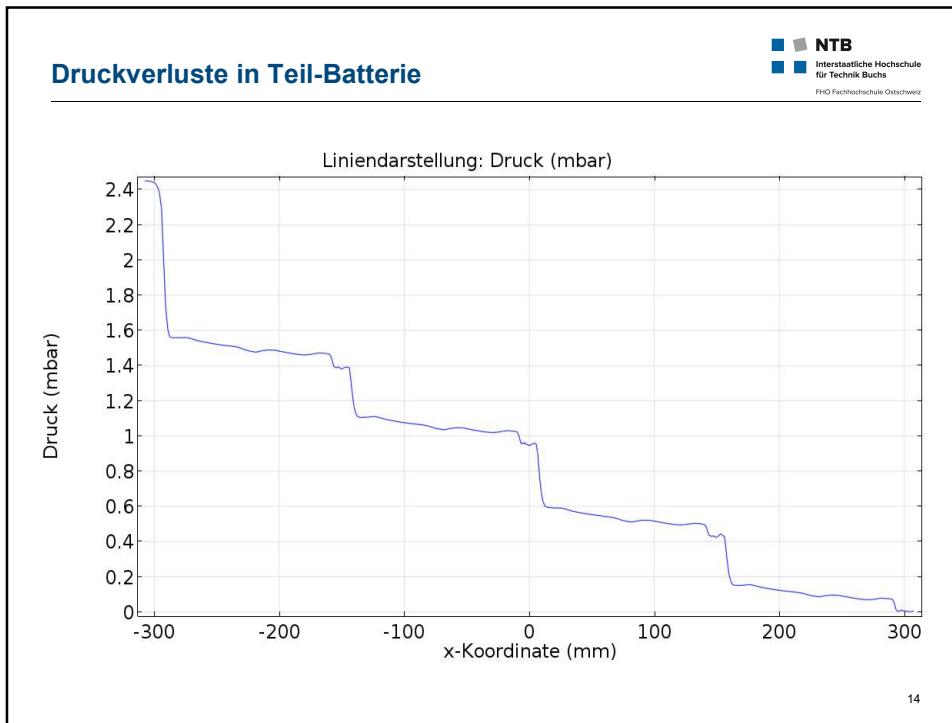
11



12



13

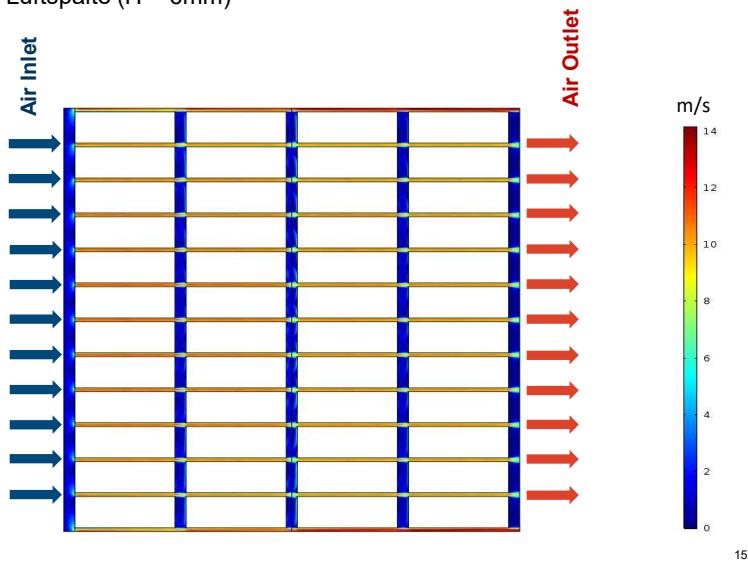


14

## 2D-Modell Teil-Batterie

NTB  
Interstaatliche Hochschule  
für Technik Buchs  
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Horizontale Luftspalte ( $H = 6\text{mm}$ )

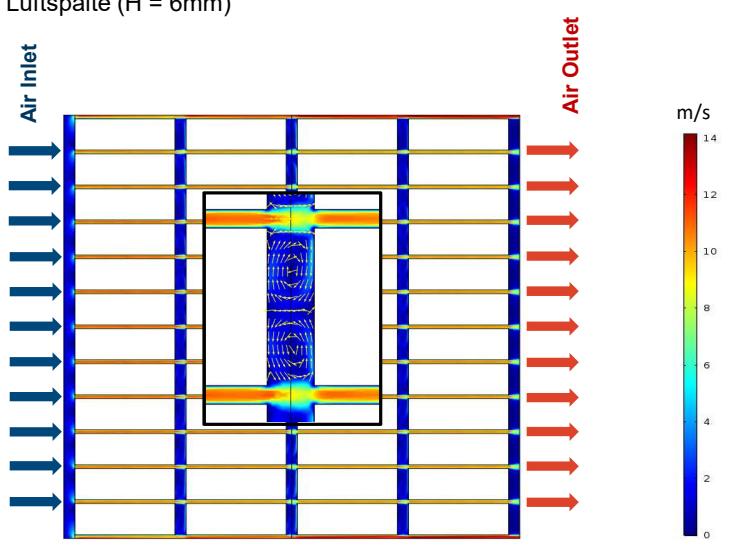


15

## Druckverluste in Teil-Batterie

NTB  
Interstaatliche Hochschule  
für Technik Buchs  
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Horizontale Luftspalte ( $H = 6\text{mm}$ )

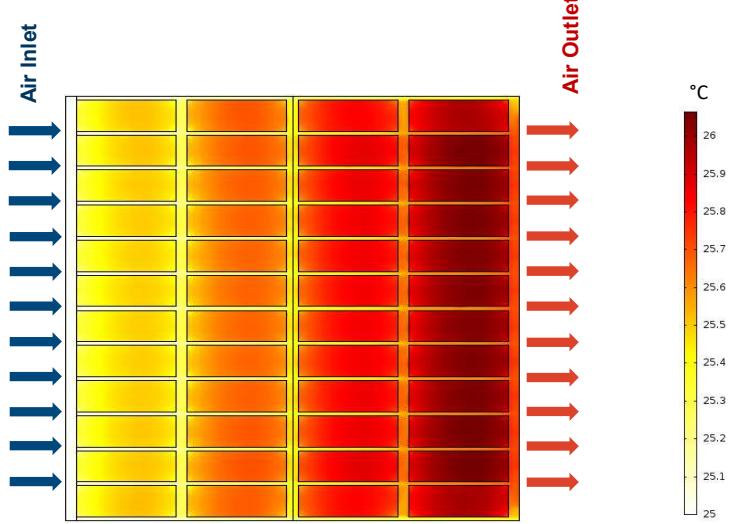


16

## 2D-Modell Teil-Batterie

NTB  
Interstaatliche Hochschule  
für Technik Buchs  
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Horizontale Luftspalte ( $H = 6\text{mm}$ )

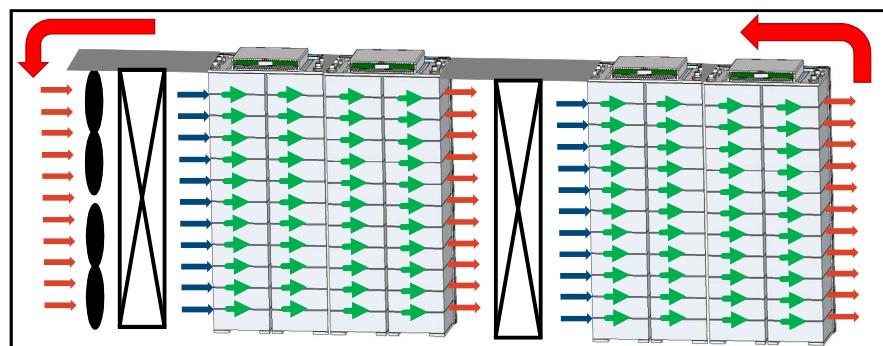


17

17

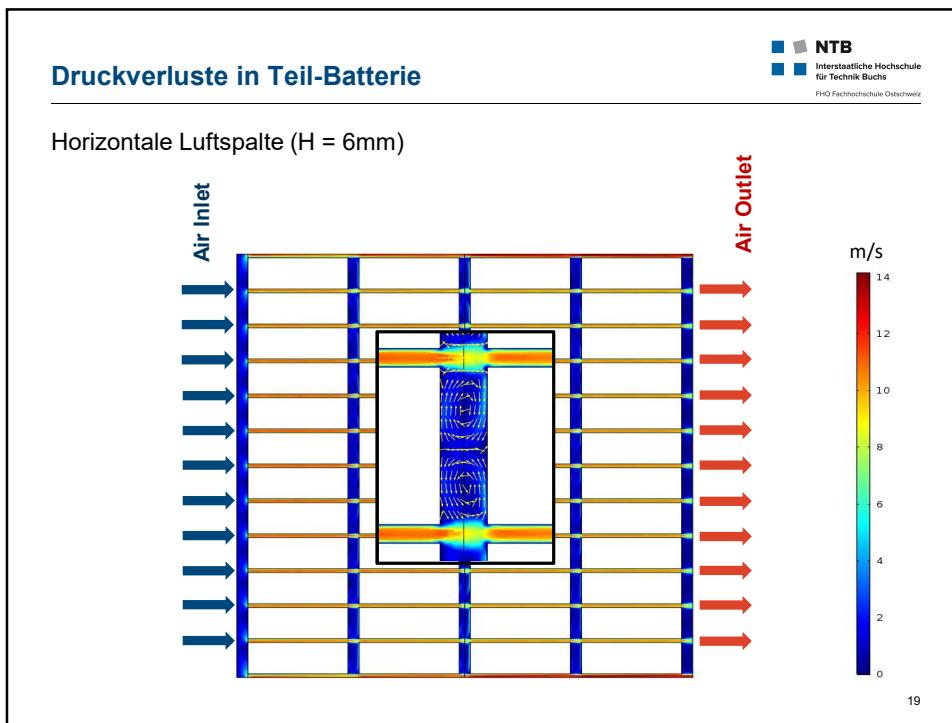
## Designvorschlag und kritischer Gesichtspunkte

NTB  
Interstaatliche Hochschule  
für Technik Buchs  
FHO Fachhochschule Ostschweiz

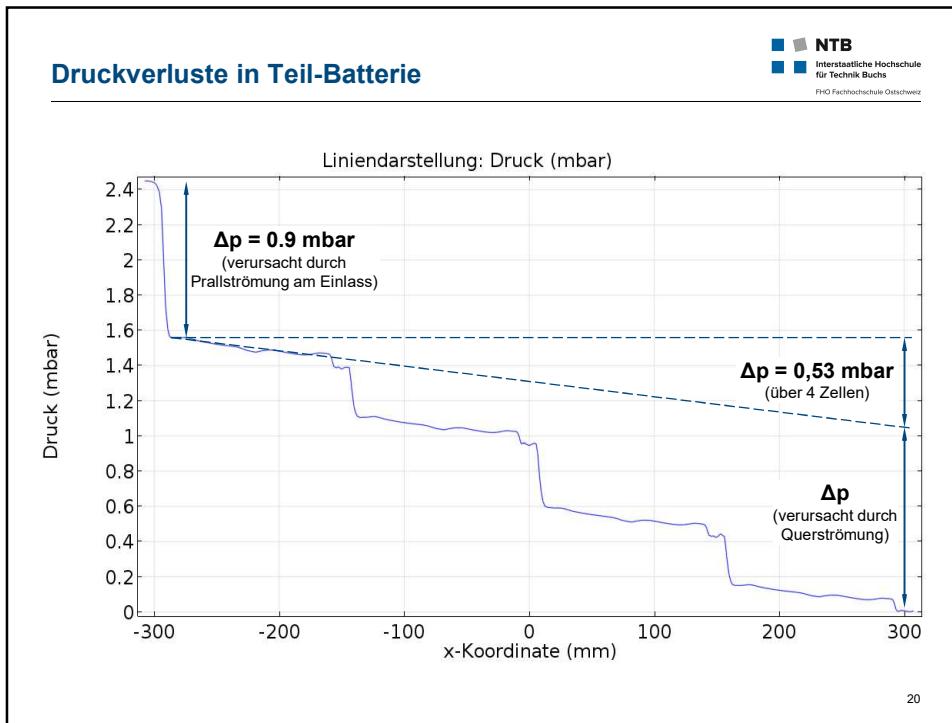


18

18



19



20

## Fazit – Empfehlungen

- Die Strömungsverteilung im Batteriepack ist – auch trotz zusätzlichen Massnahmen – stark ungleichverteilt. Eine entsprechende inhomogene Temperaturverteilung während des Betriebs ist zu erwarten.
- Die horizontale Durchströmung mehrerer Batteriepacks hintereinander zeigt ein deutlich homogenes Strömungsfeld.
- Auch das Temperaturfeld ist bei horizontaler Durchströmung gleichförmiger:
  - Übereinander liegende Zellen weisen praktisch keinen Temperaturgradienten auf.
  - In Strömungsrichtung kommt es – aufgrund der Erwärmung der strömenden Luft – zu einem Temperaturunterschied von 0,5 K pro überströmter Zelle.
- Am Strömungseintritt und im nicht durchströmten Zwischenraum zwischen zwei Zellen kommt es zu einem wesentlichen Druckabfall. Dieser sollte durch Leitbleche am Eintritt und durch Strömungsführungsbleche reduziert werden.
- Das NTB empfiehlt eine Anordnung von jeweils 2 Batteriepacks hintereinander mit vorgeschaltetem Kühlregister. Um die Anströmung am Eintritt möglichst gleichverteilt zu gewährleisten, sollten mehrere Axiallüfter vorgesehen werden.

21