



NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FHO Fachhochschule Ostschweiz



**ARGE
E-Dumper**



INSTITUT FÜR ENTWICKLUNG
MECHATRONISCHER SYSTEME


Simulation Luftkühlung Batterie E-Dumper

11.04.2017

Rouven Christen
Gerhard Rizzo

1

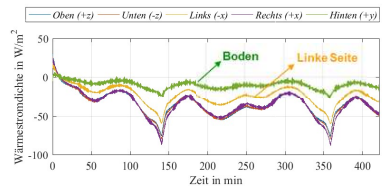
Bisher

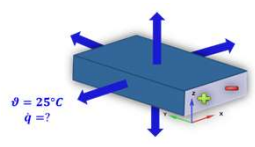


NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FHO Fachhochschule Ostschweiz

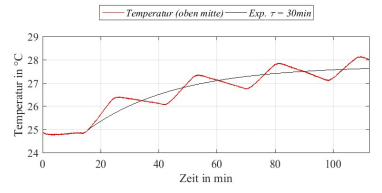
I. Thermische Charakterisierung der WS NCM125 AH Zelle

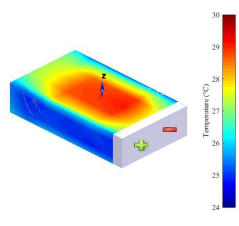
a. mittels zyklischer Belastung mit 0,5C (Constant Current)





a. unter Belastung mit realem Stromprofil E-Dumper





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 Umwälzlüfter
- 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 Pfropfenströmung 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.

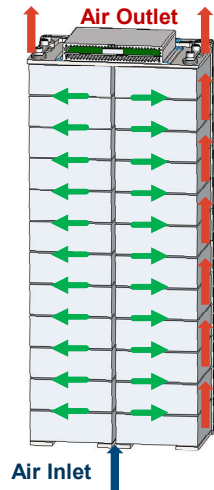
4

4

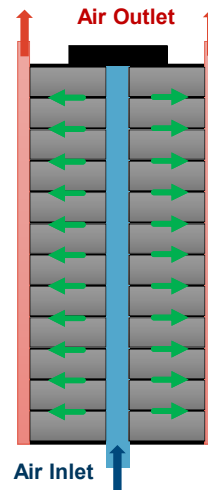
2D-Modell Batterie-Pack

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Horizontale Luftspalte ($H = 3\text{mm}$)



($H = 6\text{mm}$ aus Konvergenzgründen
der FEM Lösung)

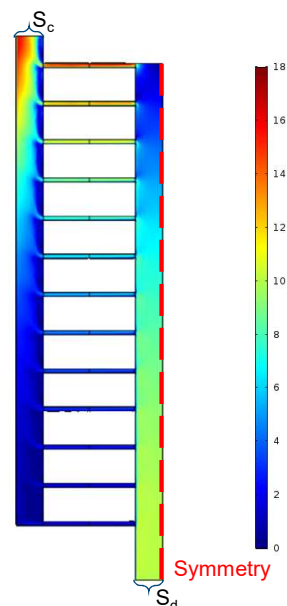
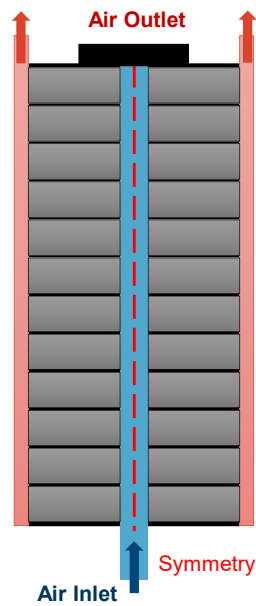


5

5

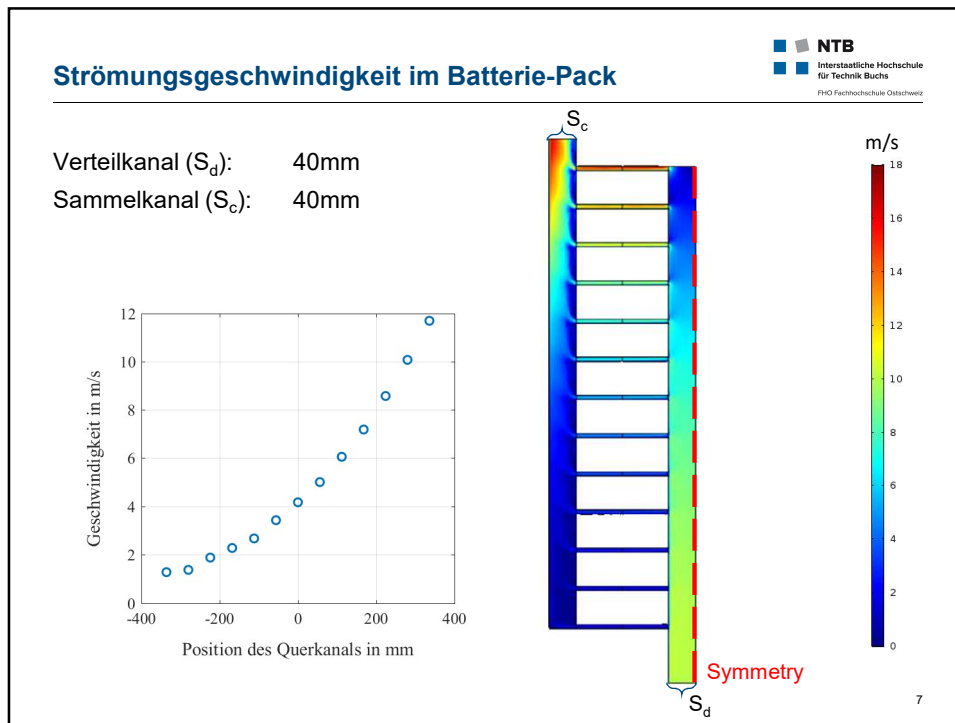
2D-Modell Batterie-Pack

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FHO Fachhochschule Ostschweiz

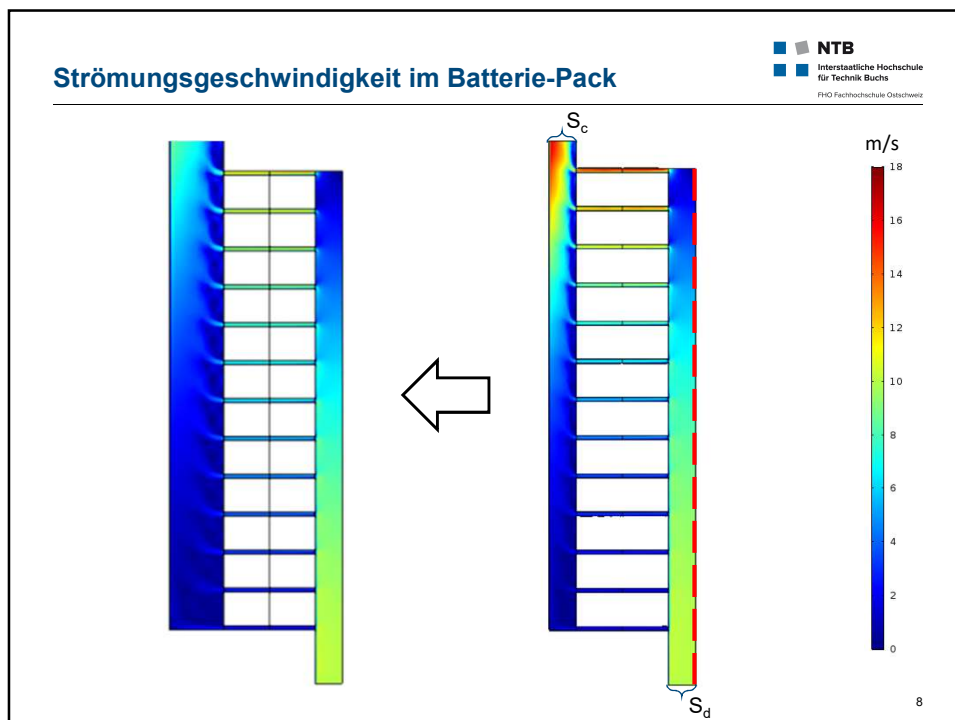


3

6



7



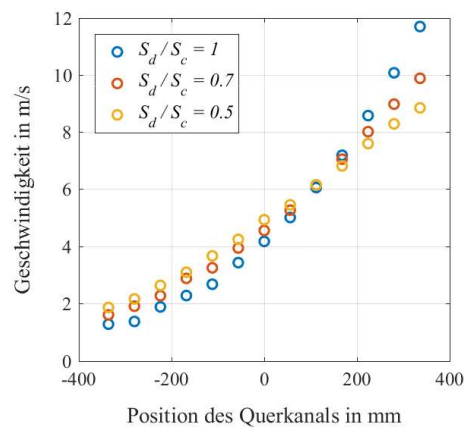
8

Strömungsgeschwindigkeit im Batterie-Pack

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHO Fachhochschule Ostschweiz

Einfluss der Flächenverhältnisse von
Einlass (S_d) zu Auslass (S_c) :

- leichte Homogenisierung der Geschwindigkeiten
- die untersten Kanäle sind nach wie vor schlecht belüftet



9

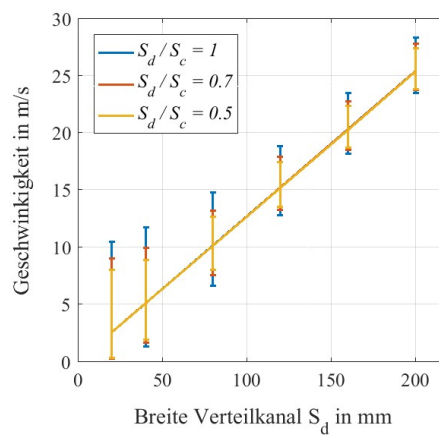
9

Strömungsgeschwindigkeit im Batterie-Pack

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHO Fachhochschule Ostschweiz

Mittlere, max. und min. Geschw.
in den Querkanälen bei unter-
schiedlichen Breiten des Verteil-
kanals:

- keine homogene Geschwindigkeitsverteilung (selbst bei Verteilkanal $S_d = 200$ mm)
- wird Fläche S_d (Verteilkanal Einlass) gleich der Summe der Querkanäle gewählt (13×3 mm = 78 mm), so ist mit einer min. Geschwindigkeit von ~ 6.5 m/s in allen Kanälen zu rechnen



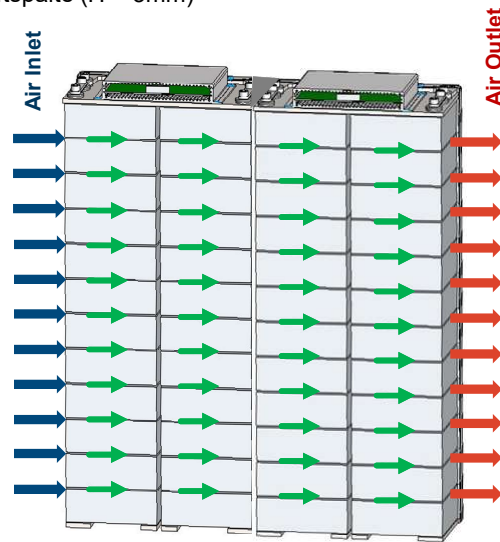
10

10

2D-Modell Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FH O Ostschweiz

Horizontale Luftspalte ($H = 3\text{mm}$)



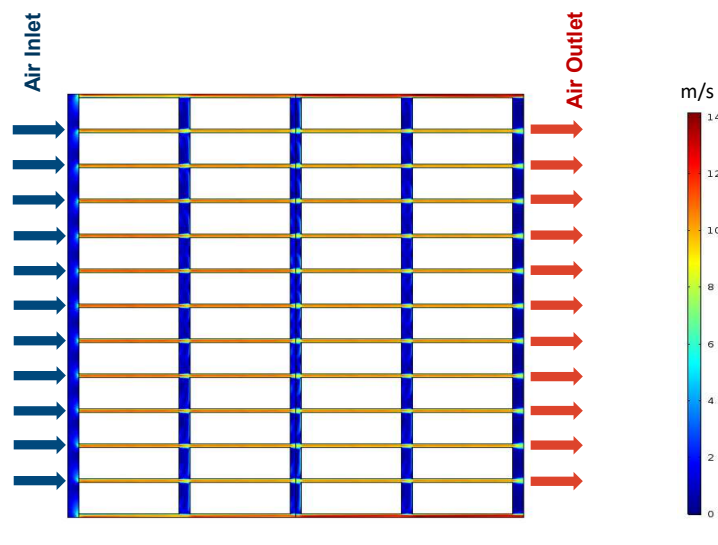
11

11

2D-Modell Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FH O Ostschweiz

Horizontale Luftspalte ($H = 6\text{mm}$ aus Konvergenzgründen der FEM Lösung)

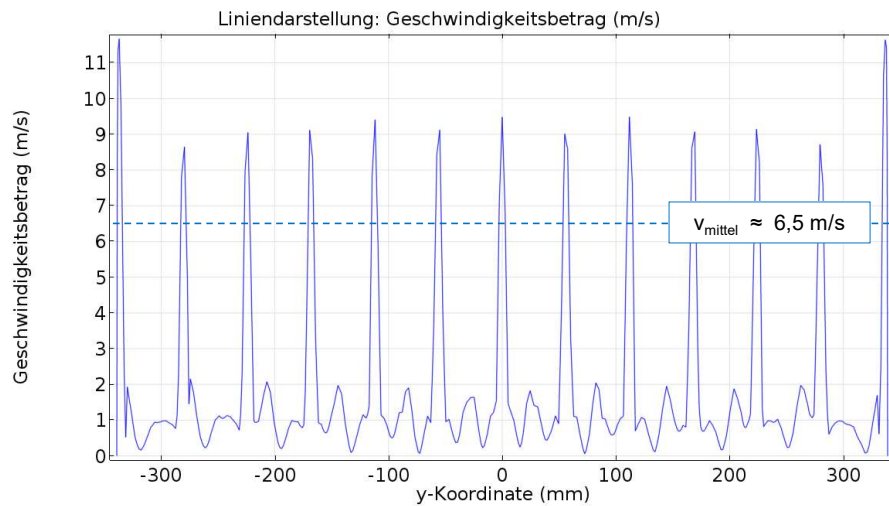


12

12

Strömungsgeschwindigkeit in Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHN Fachhochschule Ostschweiz

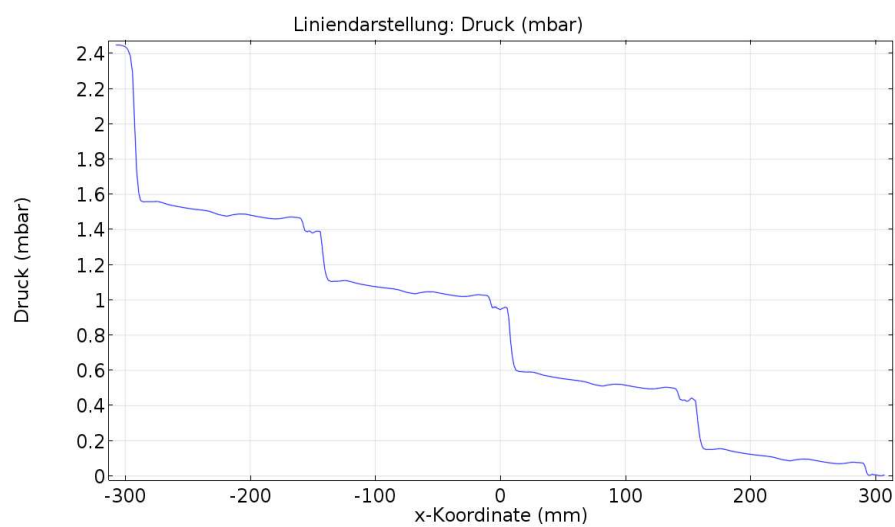


13

13

Druckverluste in Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHN Fachhochschule Ostschweiz



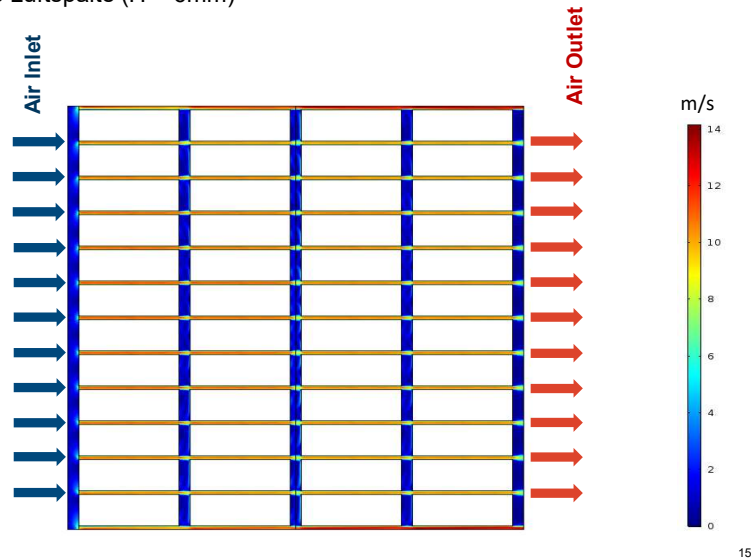
14

14

2D-Modell Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FH O Ostschweiz

Horizontale Luftspalte (H = 6mm)

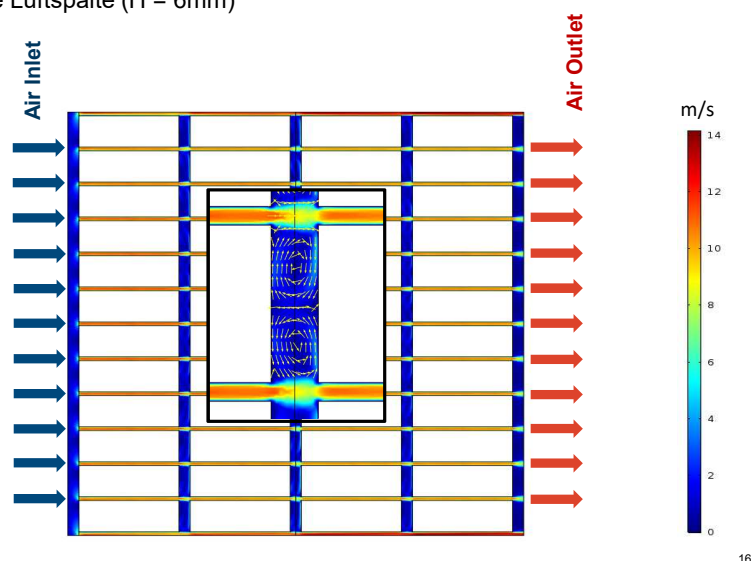


15

Druckverluste in Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
FH O Ostschweiz

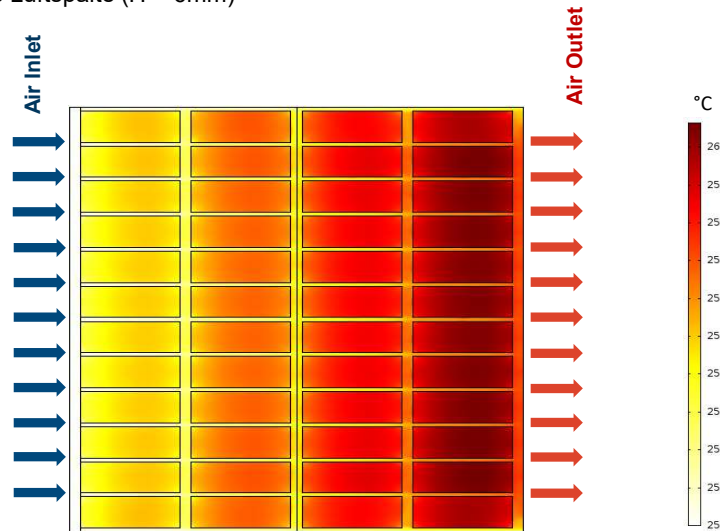
Horizontale Luftspalte (H = 6mm)



16

2D-Modell Teil-Batterie

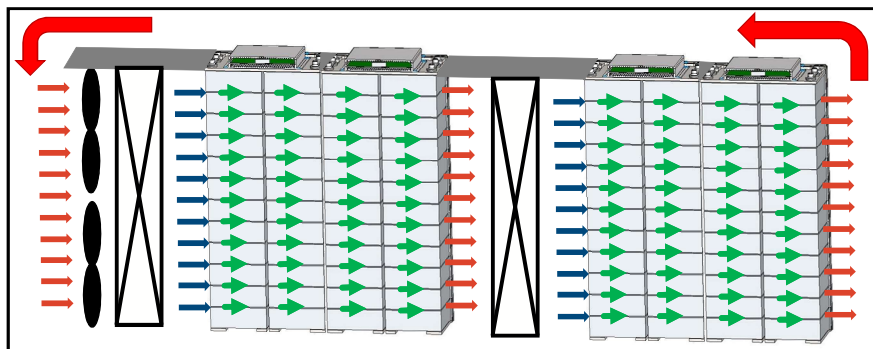
Horizontale Luftspalte (H = 6mm)



17

17

Designvorschlag und kritischer Gesichtspunkte



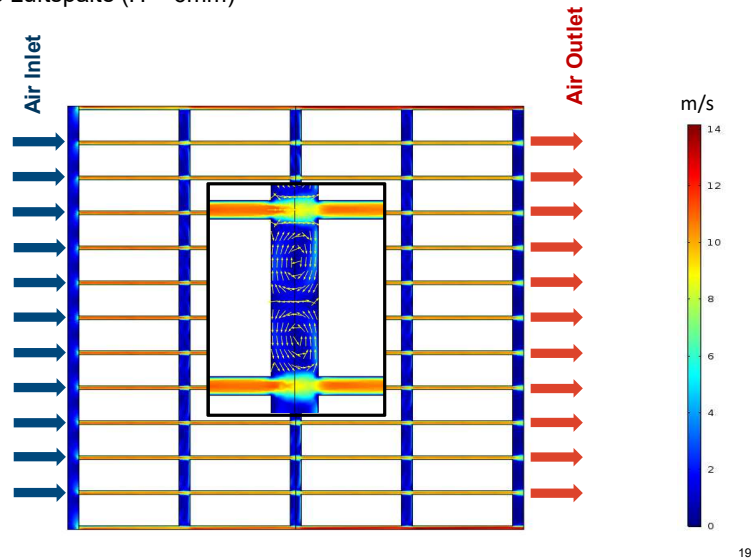
18

18

Druckverluste in Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHO Fachhochschule Ostschweiz

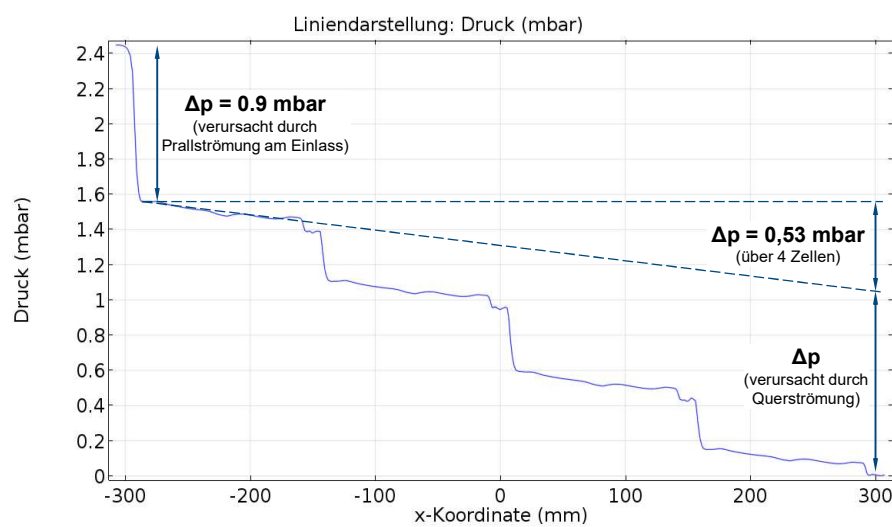
Horizontale Luftspalte (H = 6mm)



19

Druckverluste in Teil-Batterie

NTB
Interstaatliche Hochschule
für Technik Buchs
PHO Fachhochschule Ostschweiz



20

Fazit – Empfehlungen

- Die Strömungsverteilung im Batteriepack ist – auch trotz zusätzlichen Massnahmen – stark ungleichverteilt. Eine entsprechende inhomogen 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 wesentlicher 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