

# Wasseransammlung im Kathodenkanal: Randbedingungen und Strömungsformen

S. Burgmann\*, T. Bunthoff, J. Wartmann, A. Heinzl

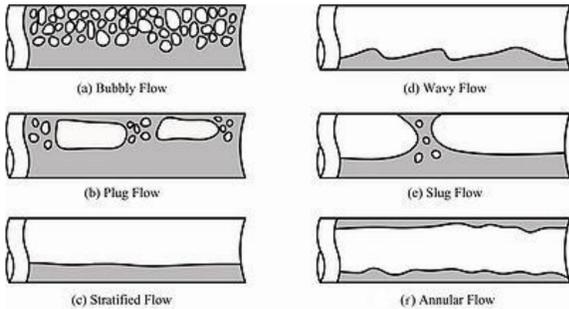
Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) GmbH, Duisburg,  
s.burgmann@zbt-duisburg.de(\*)

## Wasserentwicklung auf der Kathode einer PEM-Brennstoffzelle:

- Flüssigwasser tritt bei der Brennstoffzellen-Reaktion auf der Kathode auf
- Wasseransammlung führt zu „flooding“ und Teilblockade der Kathodenkanäle und lokaler Unterversorgung der Zelle

### Problem:

- Wie sammelt sich Wasser an? Welche Strömungsform kann sich ausbilden?
- Wie hängt die Art der Zweiphasenströmung von Materialien (Benetzung), Wassermenge, Geometrie und Gasströmung ab?



Typische Strömungsformen nach R. Anderson et al., Journal of Power Sources 195 (2010) 4531–4553

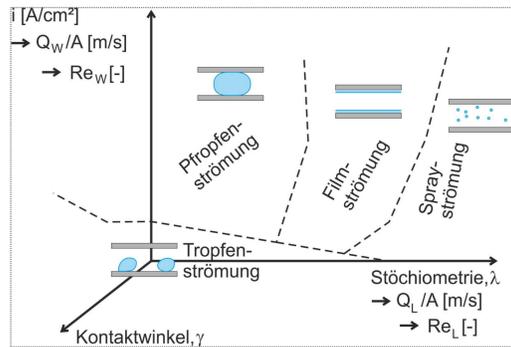
- ➔ Keine „klassische“ Zweiphasenströmung durch kontinuierliche Wasserzuführung über die Lauflänge!
- ➔ Dimensionslose 3D-Strömungskarte auf Basis von strömungsmechanischen Kennzahlen zur weiteren Problemlösung unabdingbar!

### Finale Fragestellung:

- Welche Art der Zweiphasenströmung ist „optimal“ für den Brennstoffzellen-Betrieb?

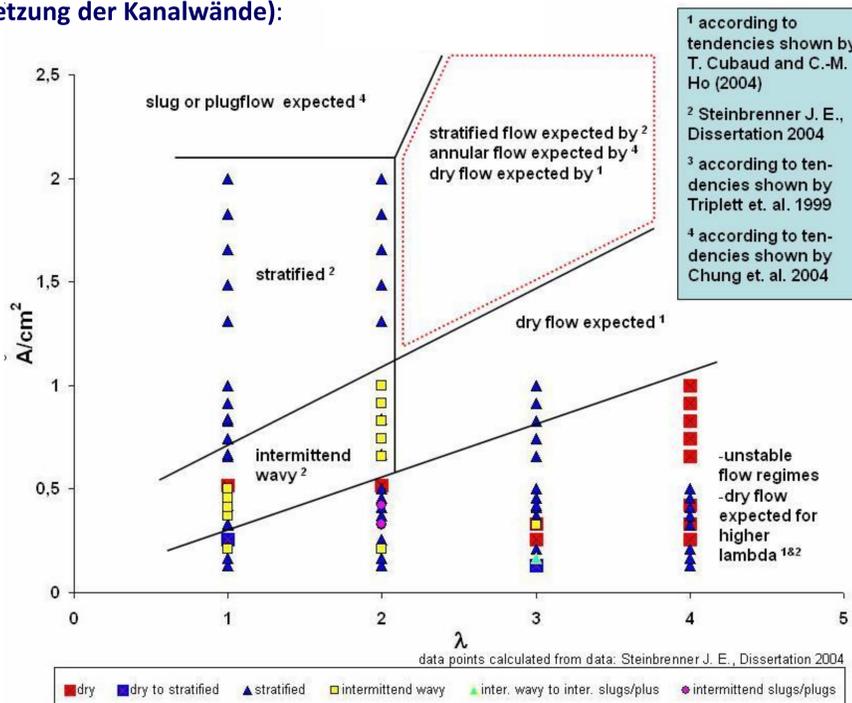
## 3D-Strömungskarte:

- Stromdichte → Wassermenge → Reynoldszahl  $Re_w$  auf Basis von Wasservolumenstrom und Kanaldimension
- Stöchiometrie → Luftmenge → Reynoldszahl  $Re_l$  auf Basis von Luftvolumenstrom und Kanaldimension
- Benetzung der Kanalbewandung → Kontaktwinkel



- ➔ Ziel: dimensionslose, allgemeingültige Strömungskarte

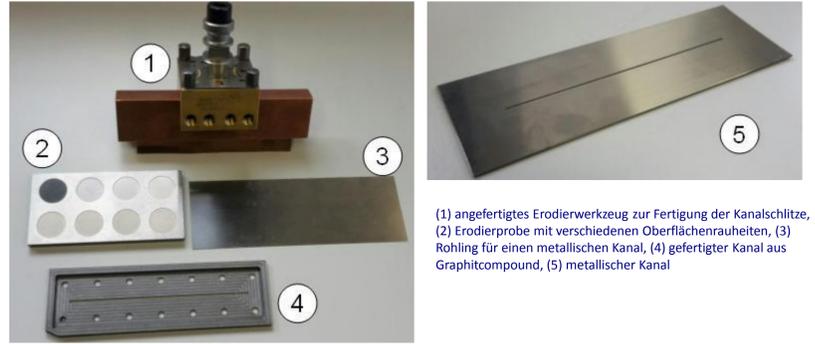
## Strömungskarte auf Basis der Literatur (bisher keine Berücksichtigung der Benetzung der Kanalwände):



- ➔ Strömungskarten widersprüchlich!
- ➔ Bestimmung der Strömungsformen in ex-situ Apparatur unter kontrollierten Randbedingungen

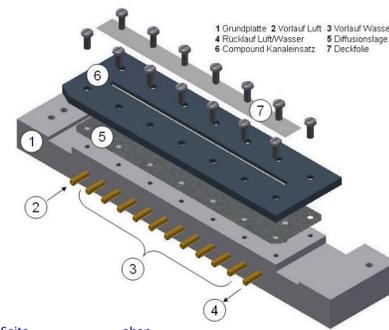
## Ex-situ-Apparatur:

- Gerade Kanalstruktur mit zahlreichen Injektionspunkten für Wasser
- Kontrollierte Luftzufuhr
- Kontrollierte Wasserzufuhr
- Optisch zugänglicher Kanal für Beobachtung
- Variable Benetzung und variabler Kanalquerschnitt durch austauschbare Schlitplatte (Kanal)
- ➔ Herstellung der Schlitplatte über Senkerodierverfahren

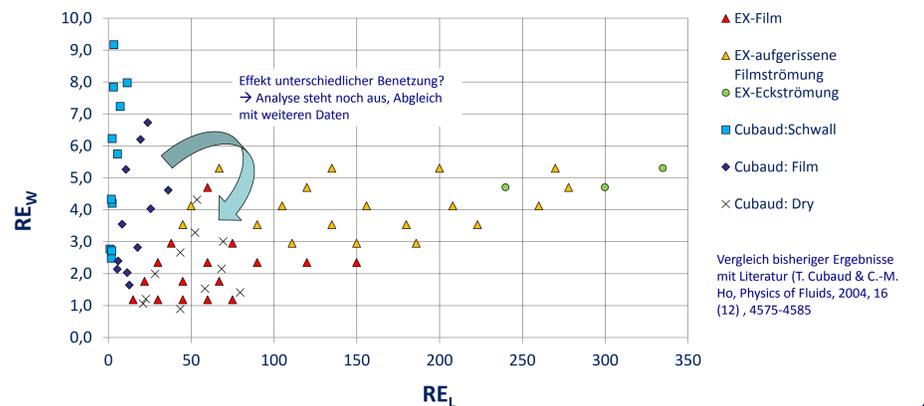
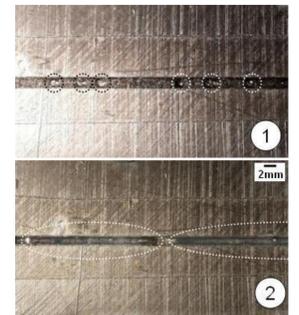
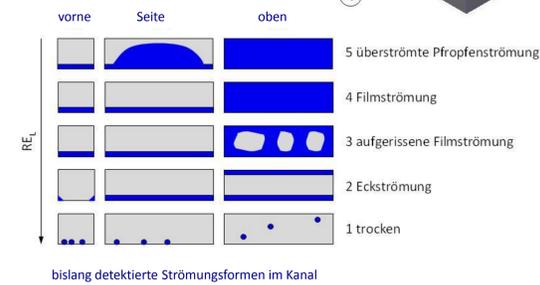


(1) angefertigtes Erodierwerkzeug zur Fertigung der Kanalschlitze, (2) Erodierprobe mit verschiedenen Oberflächenrauheiten, (3) Rohring für einen metallischen Kanal, (4) gefertigter Kanal aus Graphitcompound, (5) metallischer Kanal

- ➔ Kontaktwinkelvariation durch die Verwendung verschiedener Materialien für die Kanalwände, sowie eine gezielte Erodierung verschiedener Oberflächenstrukturen; stark hydrophobe Kontaktwinkel durch Plattenmaterial aus Graphitcompound



CAD Ansicht der Versuchsapparatur mit einem Kanaleinsatz aus Graphitcompound (links) und Foto (oben)  
Beispiele für Strömungsformen (unten): (1) Tropfenströmung ( $Re_{Luft} = 200, Q_{Wasser} = 9 \mu\text{L}/\text{min}$ ), (2) Pfropfenströmung ( $Re_{Luft} = 200, Q_{Wasser} = 90 \mu\text{L}/\text{min}$ )



## In-situ-Apparatur: optisch zugängliche Einkanal-Brennstoffzelle

- Bestimmung der Strömungsformen und Abgleich mit ex-situ-Ergebnissen



Test-Brennstoffzelle mit optisch zugänglichem Kathodenkanal (rechts) und erste Flüssigwasser-Visualisierungen im Kathodenkanal bei Brennstoffzellenbetrieb

