

Dipl. Ing. Achim Hugo

- Messtechnische Untersuchungen mit Partikelmaterial



*Institut für Energie-
und Umwelttechnik e.V.*

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses

IGF-Vorhaben-Nr. 16325 N

**Evaluierung der kathodenseitigen Schädigungsmechanismen
durch partikuläre und gasförmige Luftschadstoffe mit Hilfe
von elektrochemischen Messmethoden zur Standzeiterhöhung
von PEM-Brennstoffzellen (**Kathodenluft II**)**



Duisburg, 09. Februar 2011

- Einleitung
 - Arbeitsplan, Arbeitspakete
 - Partikelgenerierung- und Messtechnik
 - Versuchsaufbau
- Ergebnisse NaCl
- Ergebnisse CaCl₂
- Zusammenfassung und Fragestellungen
- Feldtest Station Mülheim

Steigen Sie ein: Das Umweltbundesamt - für Mensch und Umwelt - Mozilla Firefox

http://www.umweltbundesamt.de/

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

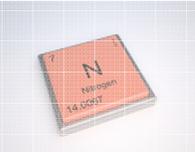
Wettbewerb: Sie sich zukunftsweisend wandeln - jetzt handeln: ANPASSUNGSPIONIERE GESUCHT! www.tafelbank.anpassung.net

Presse | Publikationen | Das Umweltbundesamt | Service & Kontakt | ...

Tipps der Woche

Reaktiver Stickstoff: Schädlich und Nährstoff. Wie lässt sich ein Zuviel vermeiden?

Am richtigen Ort und zur richtigen Zeit ist reaktiver Stickstoff ein lebensnotwendiger Nährstoff. Allzu oft wird er jedoch zum Schadstoff für Pflanzen, Tiere und Menschen. Zur Verminderung dieser schädlichen Emissionen gibt es auch im täglichen Leben eine Reihe von Möglichkeiten.



- Energie einsparen und besser ausnutzen
- Weniger Fleischkonsum und sorgfältiger Umgang mit Lebensmitteln
- Mit Düngemitteln sparsam umgehen

» Broschüre „Stickstoff – Zuviel des Guten“
» UBA-Themensseite „Reaktiver Stickstoff in der Umwelt“
» UBA-Themensseite „Stickstoffoxide, Fragen und Antworten“

„Saubere“ Luft in Deutschland?

Feinstaub und Stickstoffdioxid waren auch 2010 die Luftschadstoffe Nummer 1. Beim Stickstoffdioxid überschritten 56 Prozent der Messstationen den Grenzwert von 40 Mikrogramm/Kubikmeter Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Besser sieht es beim Feinstaub aus: Hier lagen nur 13 Prozent der Messstationen über dem Grenzwert. UBA-Präsident Jochen Flasbarth sieht noch erheblichen Handlungsbedarf.

„Grenzwertüberschreitungen beim Stickstoffdioxid treten vor allem in Städten und Ballungsräumen auf, also dort, wo auch ein Großteil der Bevölkerung lebt.“ Im Kampf gegen die Feinstaubbelastung seien Umweltzonen der richtige Weg. Sie müssten aber konsequenter angewendet werden, um die Wirksamkeit zu erhöhen.



Dioxin durch aktuelle Lebensmittelskandale ist schwer zu messen

Die Kommission Human-Biomonitoring (HBM) des UBA rät von Bluttests für Dioxine ab. Sie bringen derzeit keine



Umweltflucht und Völkerrecht

Weltweit bedrohen gravierende Umweltveränderungen Menschen und zwingen diese zur Migration. Ihre Zahl wird vor allem wegen des



<http://www.umweltbundesamt.de/>, abgerufen 2011-01-01

Partikeldispersierung bei Laboruntersuchungen

- Kontrollierten Untersuchungen bei Beaufschlagung mit potentiell schädigenden Einzelsubstanzen:
(Primärpartikel: **NaCl**, **CaCl₂**, TiO₂, Ruß, ...
Sekundäraerosolbildner: Ammoniak, Schwefelsäure, Stickoxide, ...)

Untersuchungen mit schadkomponentenhaltiger Umgebungsluft des Straßenverkehrs

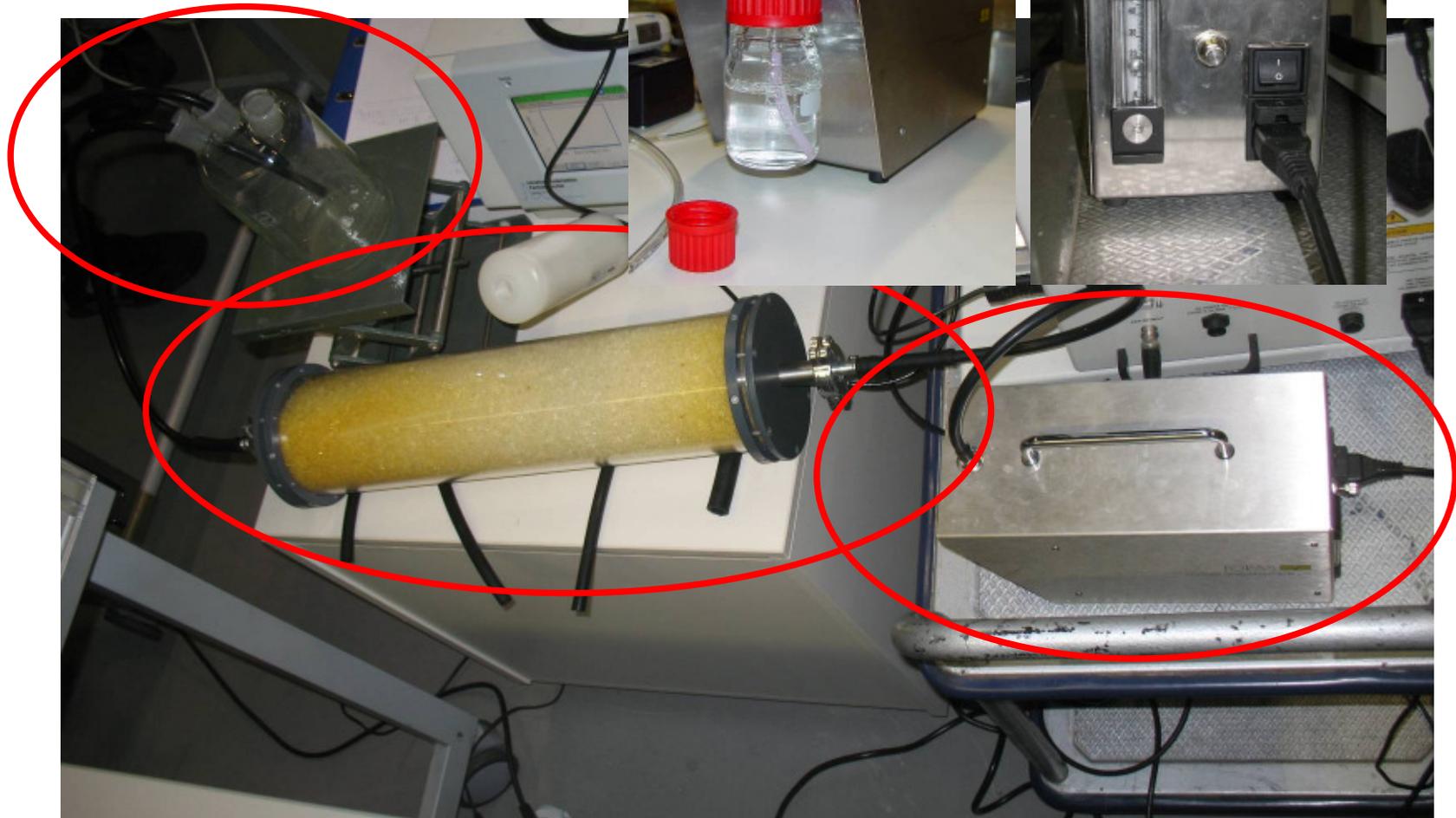
- Anbindung einer Wasserstoffversorgung und eines Zellenstacks an eine vorhandene Immissions-Messstation des Landes NRW
- Langzeit-Beaufschlagung mit realer, schadkomponentenhaltiger Umgebungsluft (Straßenverkehr)
- Filtertests (Kathodenseitig)

Ergebnisauswertung, Vergleich mit Untersuchungsergebnissen bei Beaufschlagung mit synthetischer Reinluft

- **Düsenzerstäuber (Atomizer) & Trockner:**
 - Vernebelung von salzhaltigen Flüssigkeiten (Atomizer-Düsen)
 - Verdampfung der Hydrathüllen (Diffusions-Trockner, Silikagel),
 - Salzkern definierten Durchmessers verbleiben im Gasstrom
Salzlösungen: NaCl, CaCl₂, dispergierte Partikel (TiO₂, Al-Oxid)
- Graphitaerosolgenerator GFG 1000, Fa. Palas:
 - Hochspannung zwischen zwei Elektroden lässt Elektrodenmaterial (Graphit) verdampfen
Kohlenstoff (Graphit)
- Motorprüfstand
 - Kohlenstoff (Ruß)
 - Reales Verbrennungsabgas (NO, NO₂, SO₂, Partikel...)

Scanning **M**obility **P**article **S**izer (SMPS):

- Klassierung von el. aufgeladenen Partikeln in sog. Größen-Kanälen
- Zählen der einzelnen Klassen im CPC Condensation Particle Counter
- $2,5 \text{ nm} < dp < 1 \text{ }\mu\text{m}$
- $c_{\text{Max}} = 2 * 10^{-7} \text{ Partikel/cm}^3$

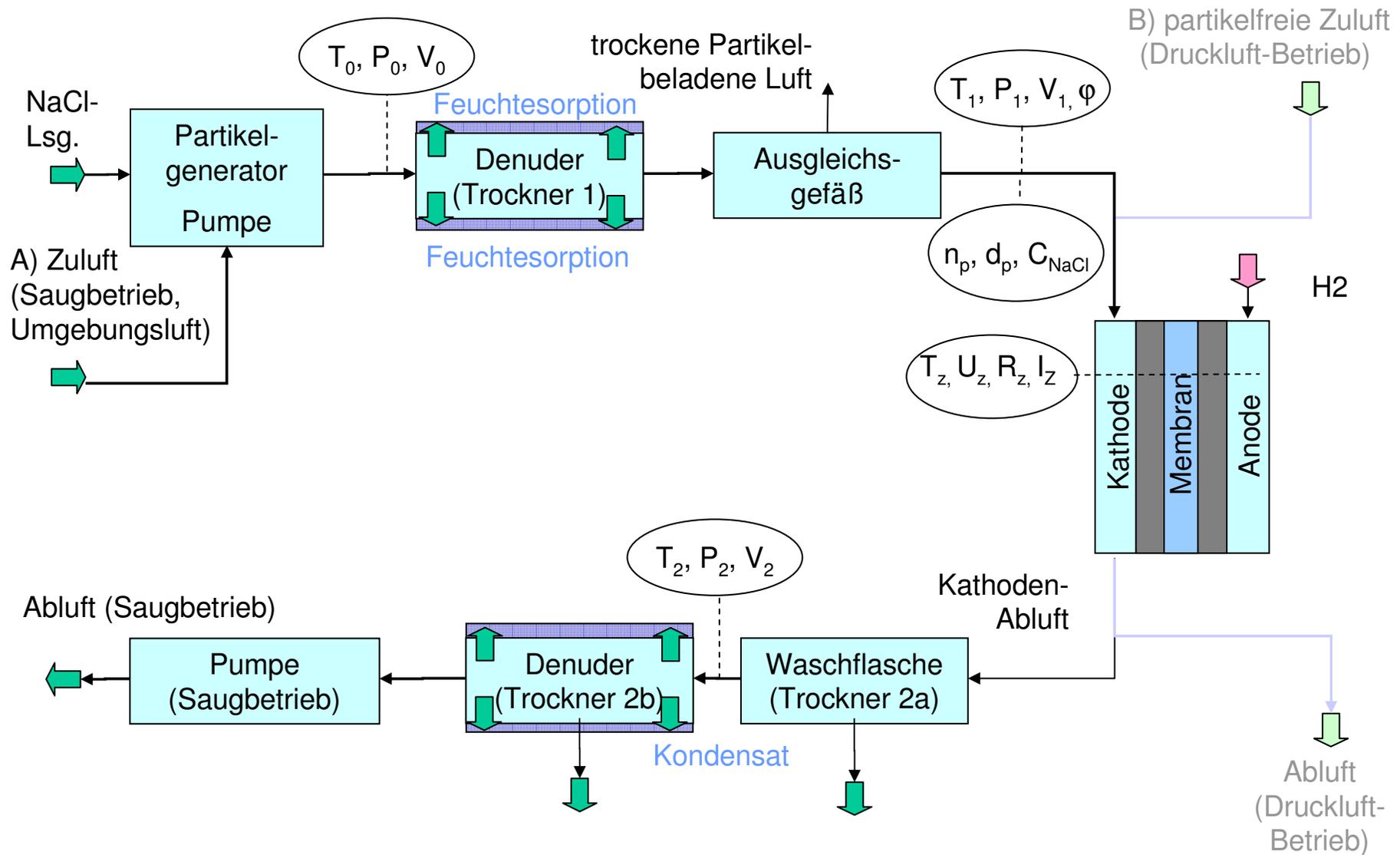


Ausgleichsgefäß

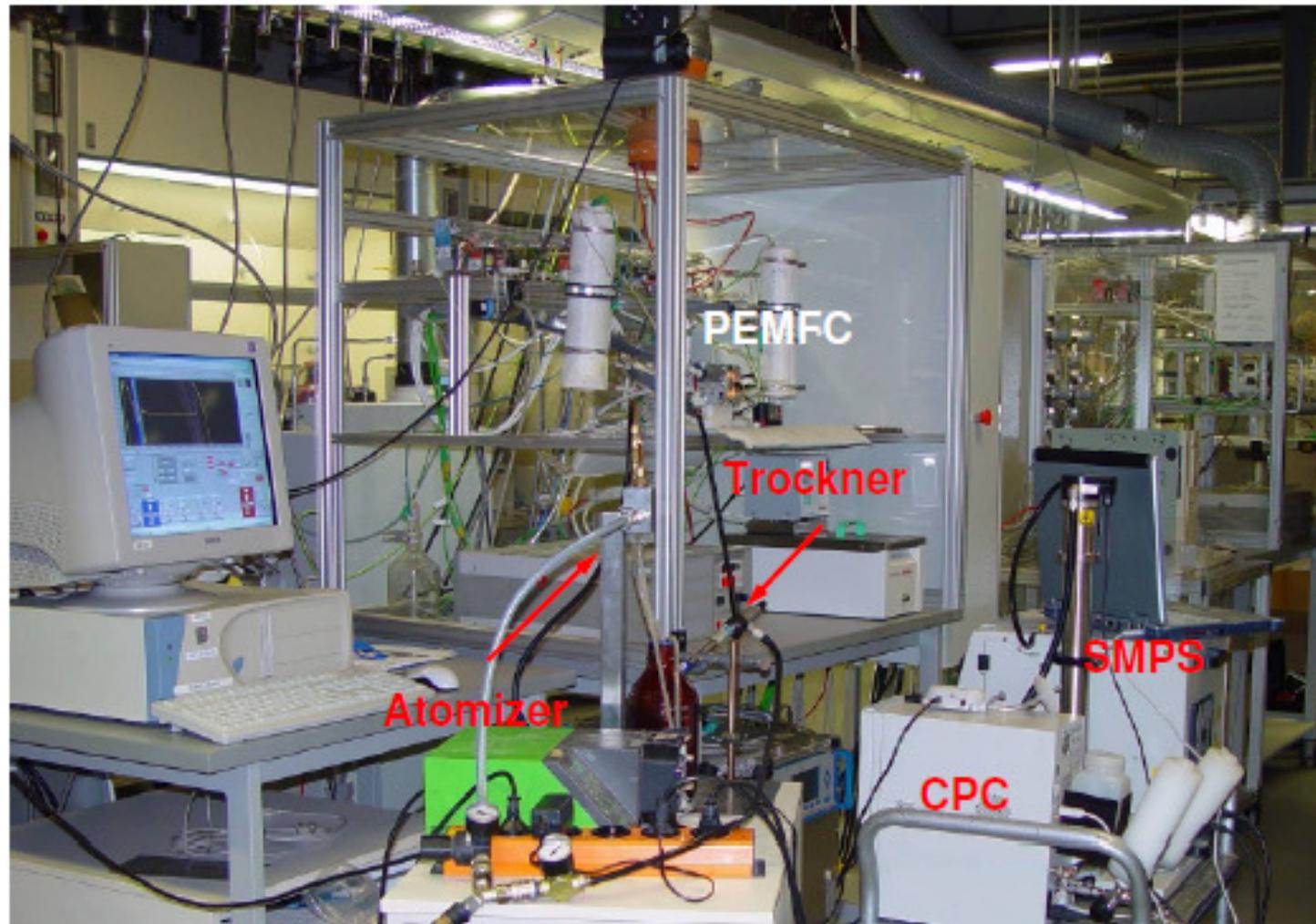
Trockner

Generator

Kathodenluft-Beaufschlagung mit Partikeln - Schema



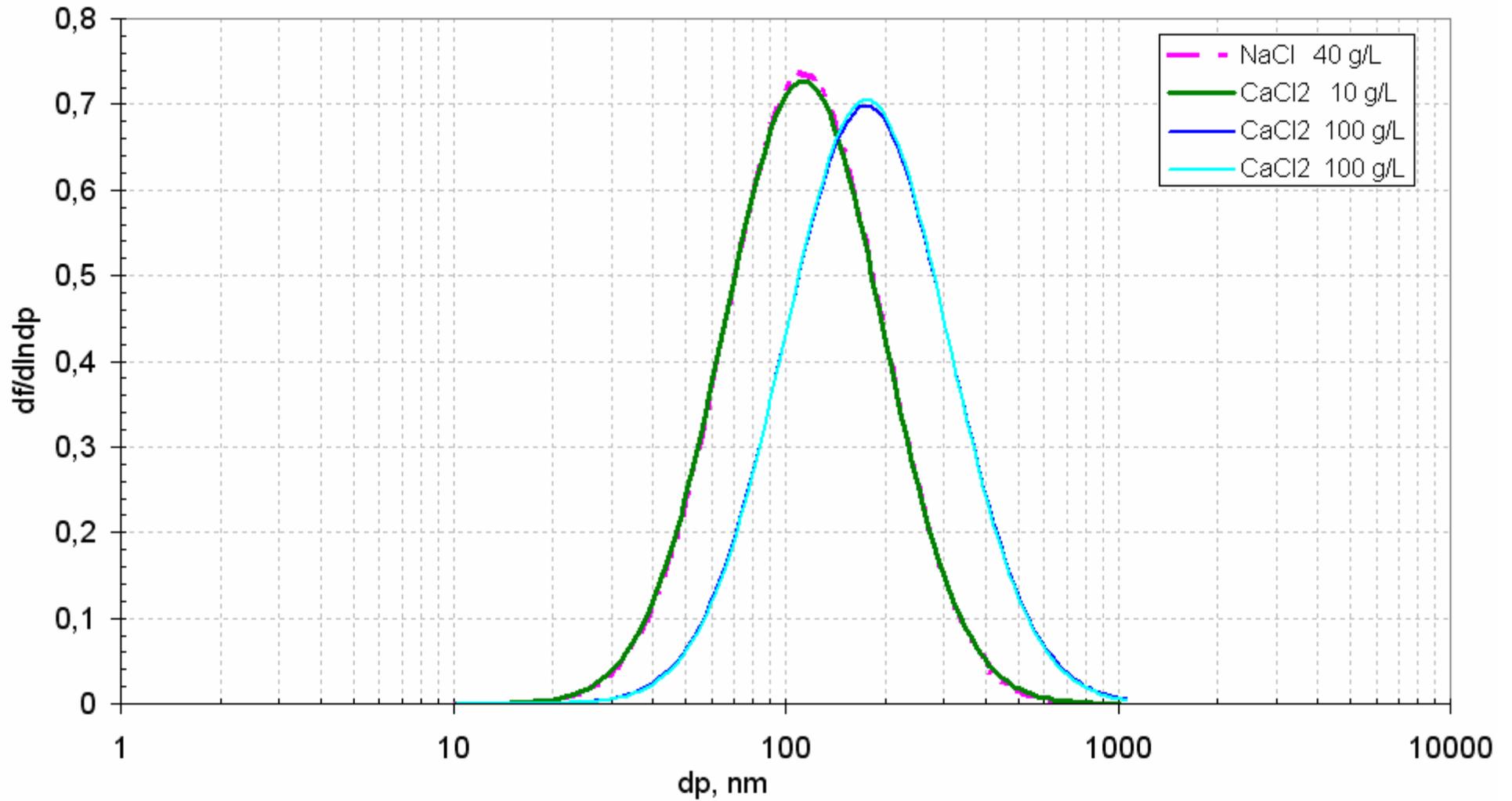
Versuchsaufbau (Salzpartikel)



Erzeugte Partikel



Partikelgrößenverteilungen, CaCl₂ -Lsg. in 2 Konzentrationsniveaus und NaCl₂

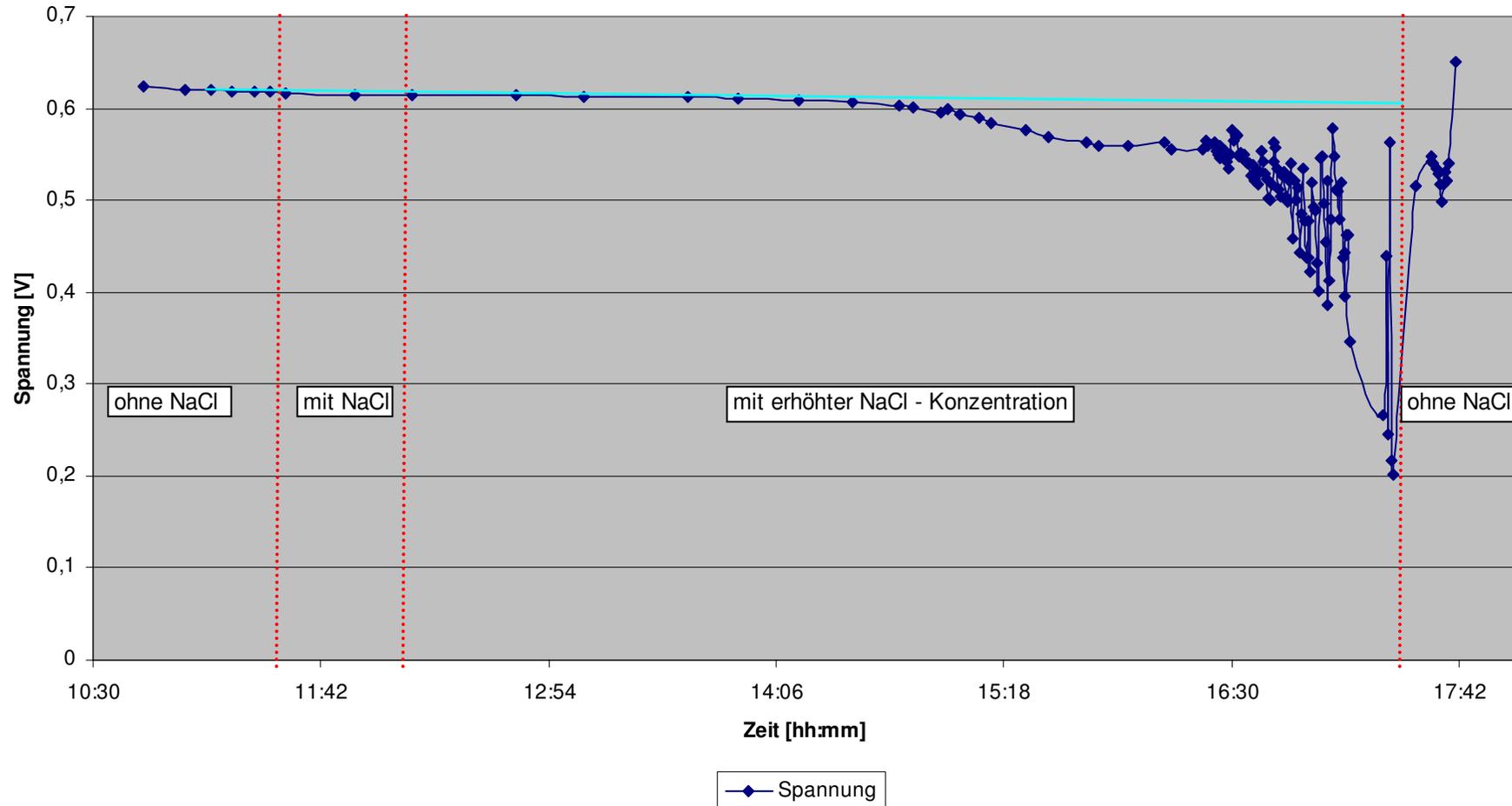


NaCl-Konzentrationen bei den Versuchsdurchgängen am 10.6.10 und 11.06.10

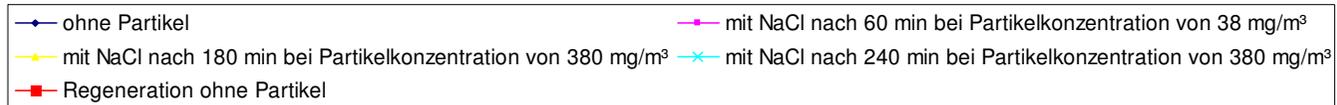
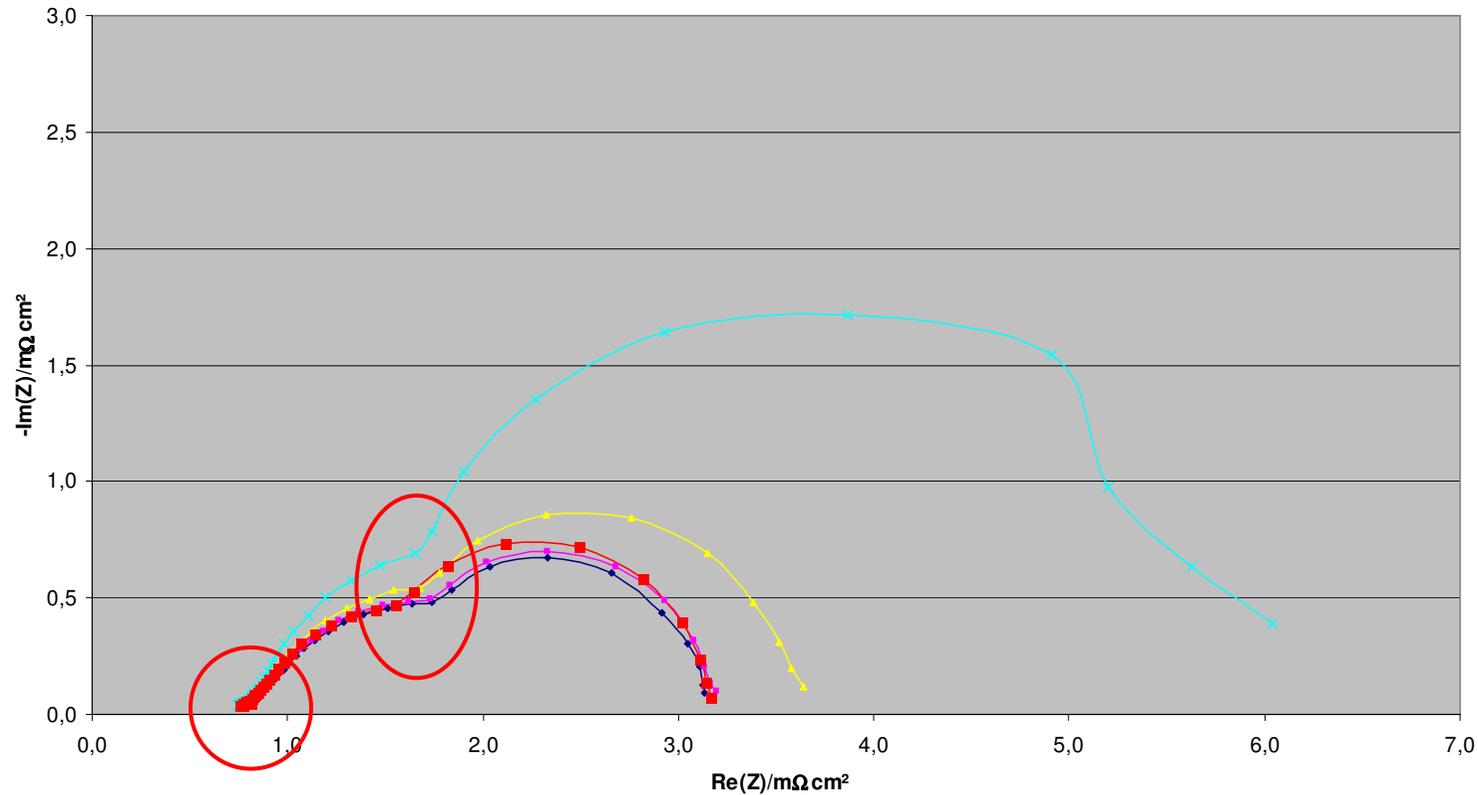


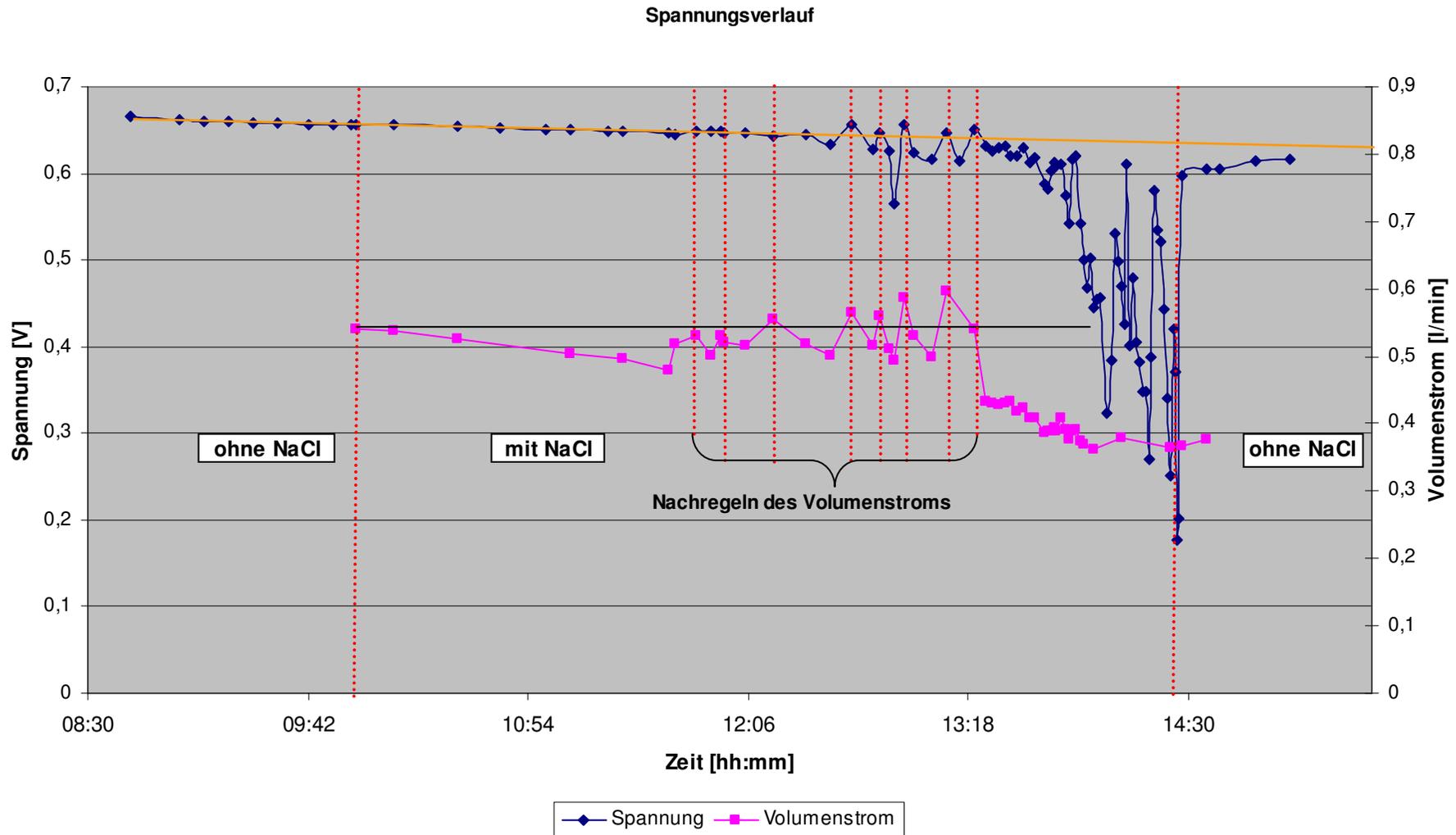
	Messung 1, 10.06.10		Messung 2, 10.06.10 u. Messung 11.06.2010	
Volumenstrom, Luft	0,565	L/min		0,565 L/min
Salzkonz.	4	g/L	Ansatz, Versuchstag	40 g/L
Massefluss, Partikel	38	mg/m ³	SMPS-Messung, Versuchstag	390 mg/m ³
Molenfluss	0,019	mmol/h		0,197 mmol/h

Spannungsverlauf

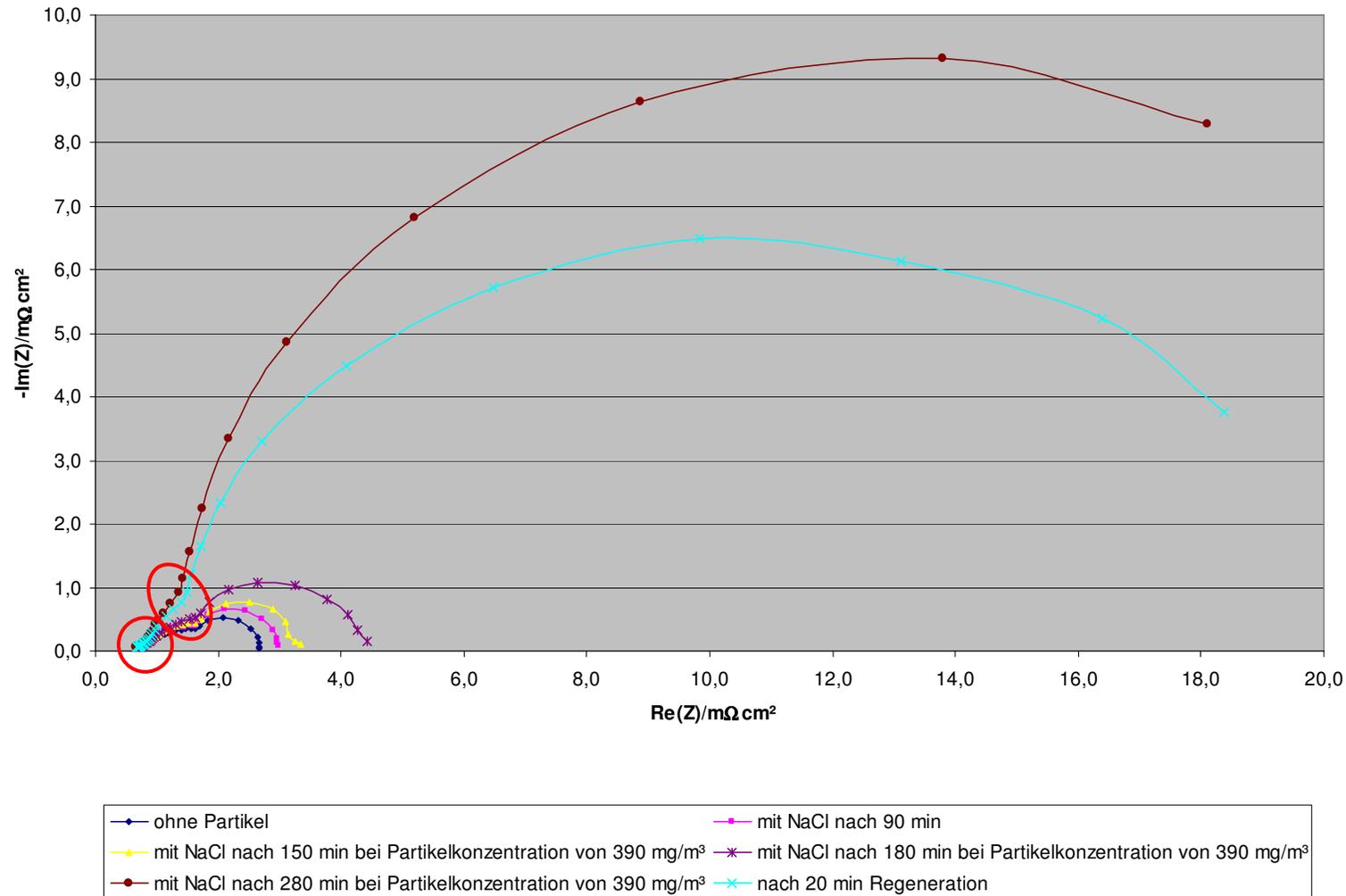


Nyquist-Diagramm Impedanzmessungen Einzelzelle bei 400 mA/cm² mit NaCl Zugabe





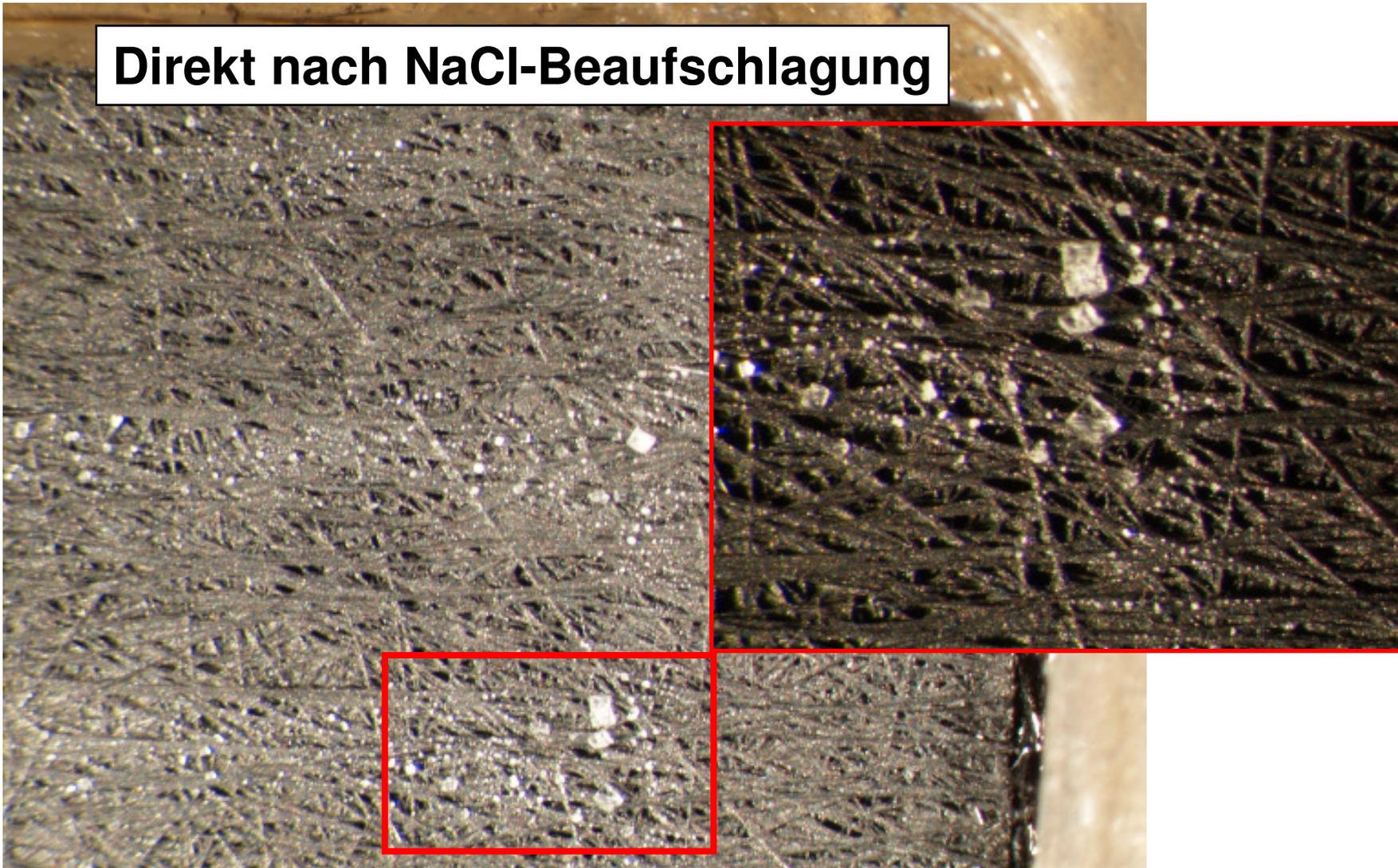
Nyquist-Diagramm Impedanzmessungen Einzelzelle bei 400 mA/cm² mit NaCl Zugabe - Stack A



Fotos NaCl am Kathodeneingang



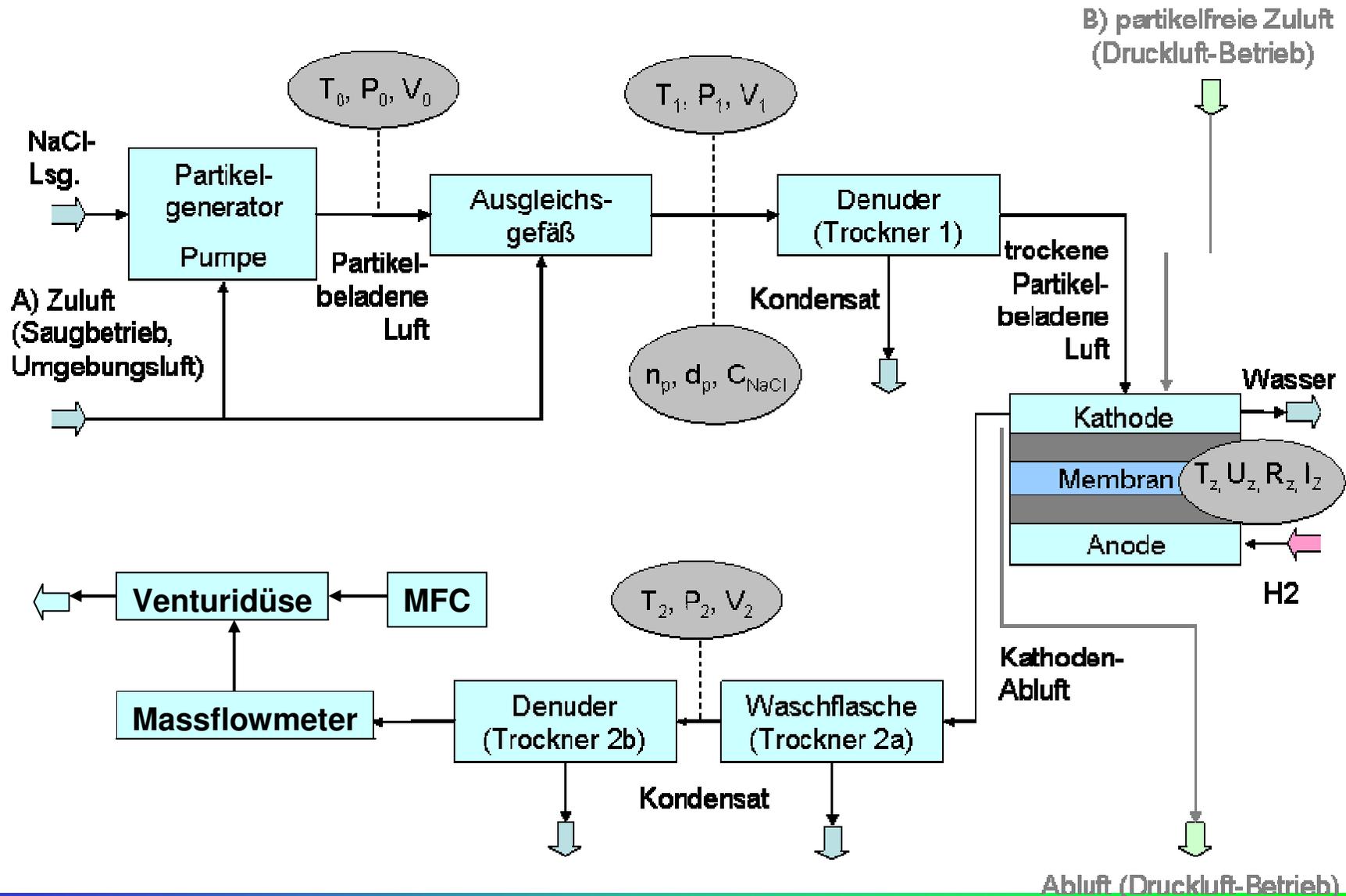
Direkt nach NaCl-Beaufschlagung



Nach Regeneration mit befeuchteter Kathode

Di

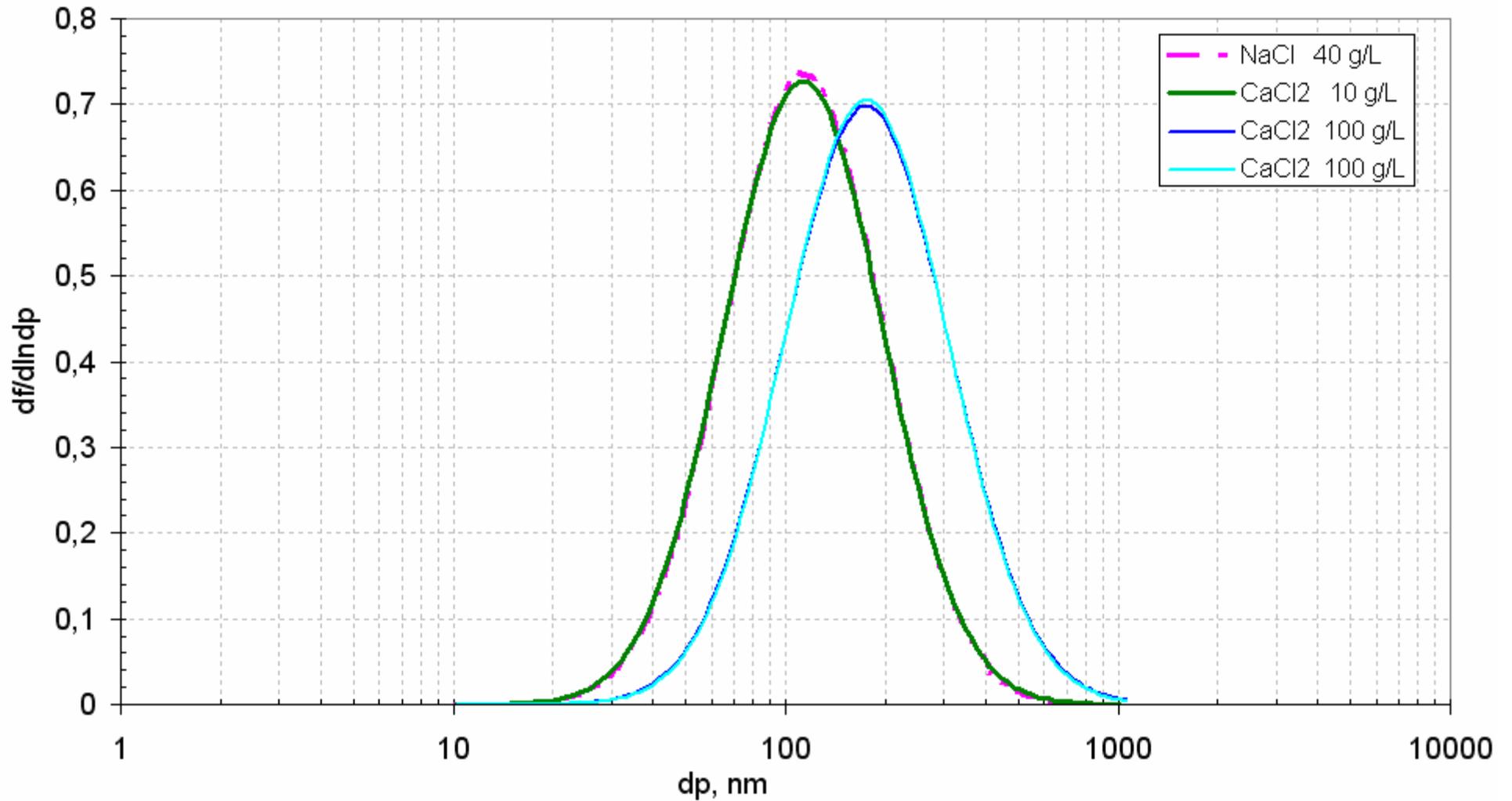




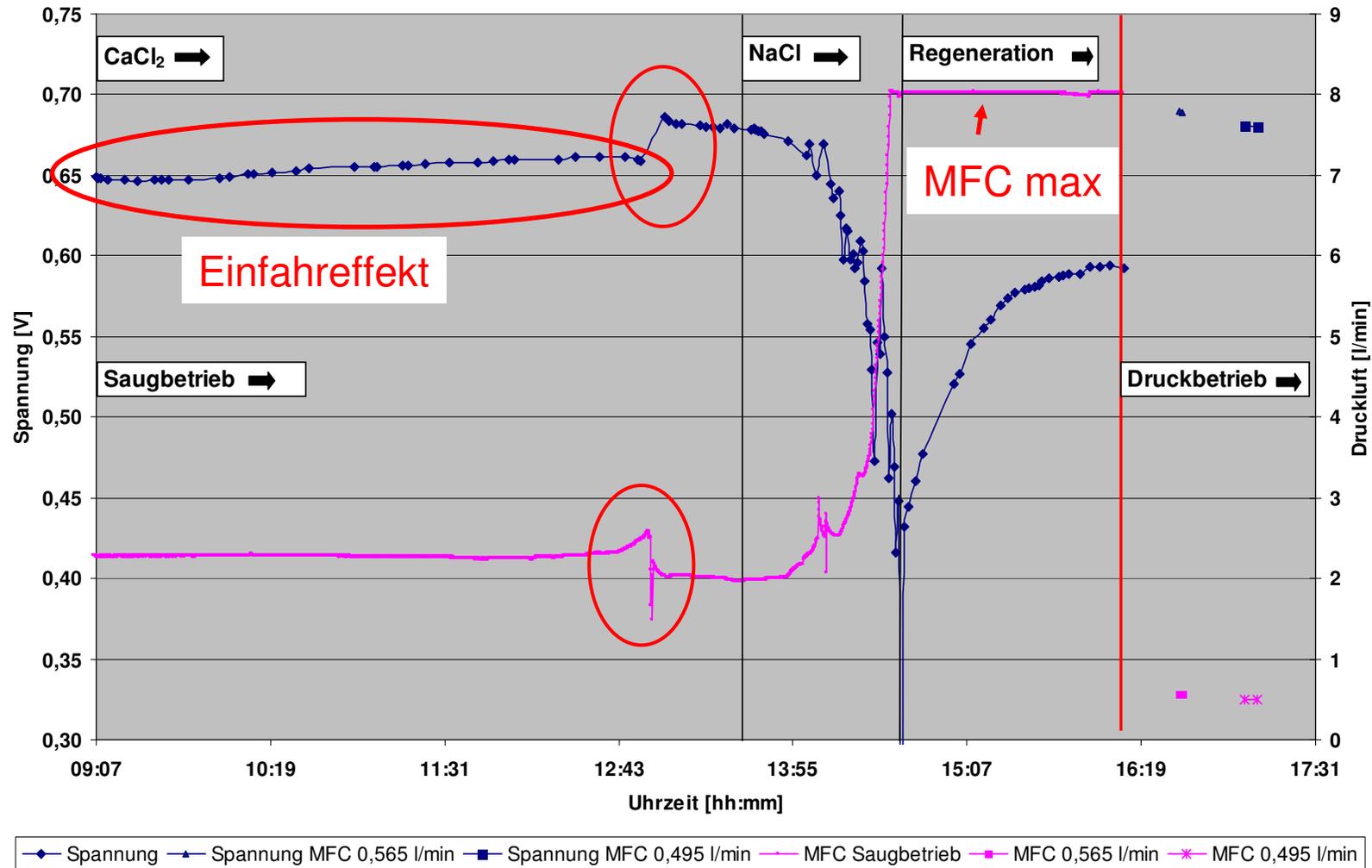
Erzeugte Partikel



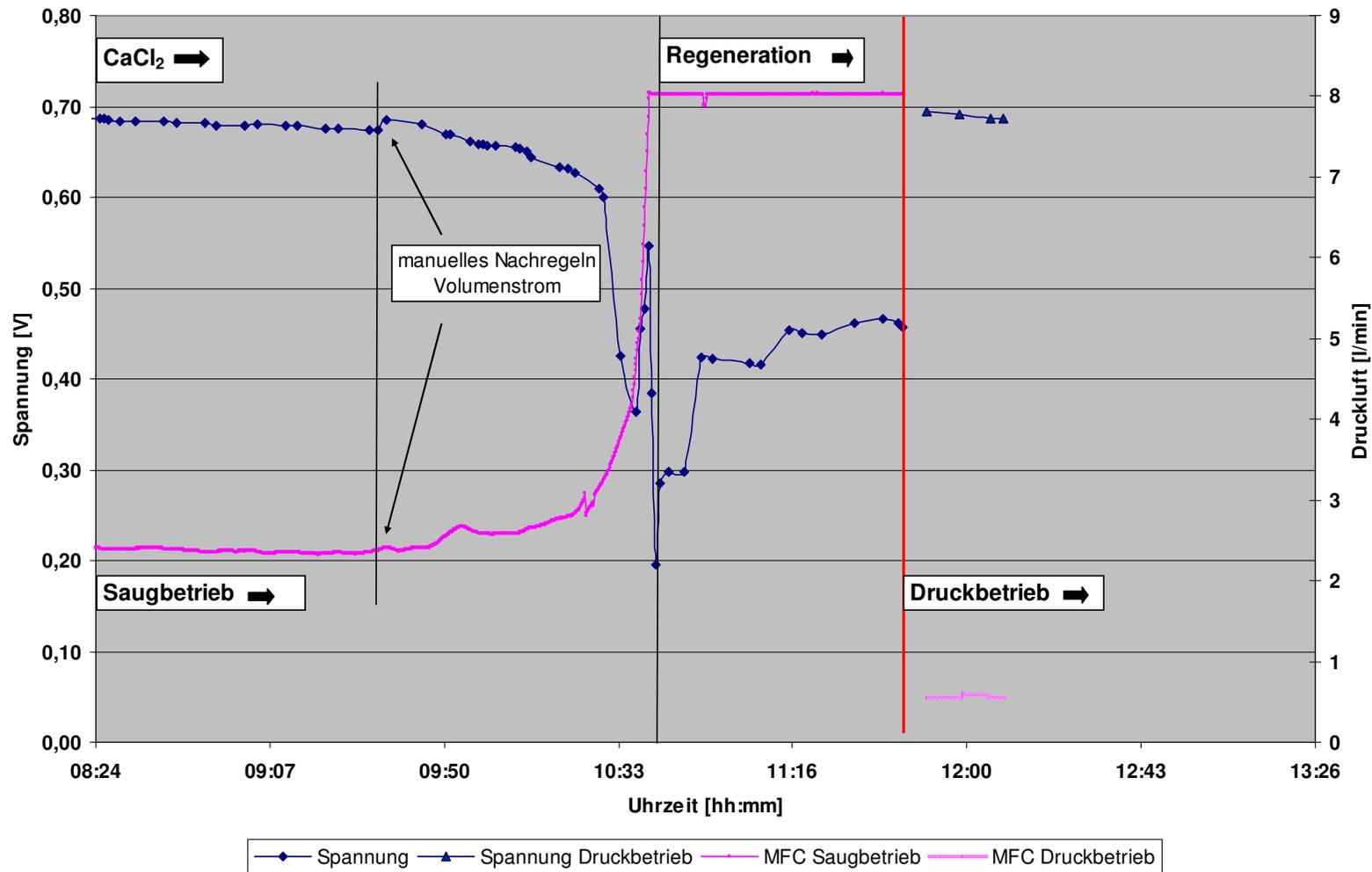
Partikelgrößenverteilungen, CaCl_2 -Lsg. in 2 Konzentrationsniveaus und NaCl



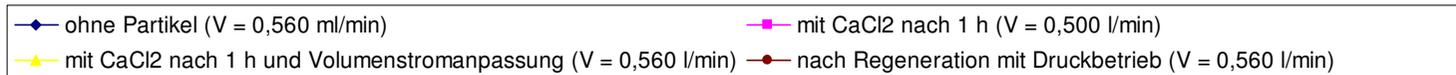
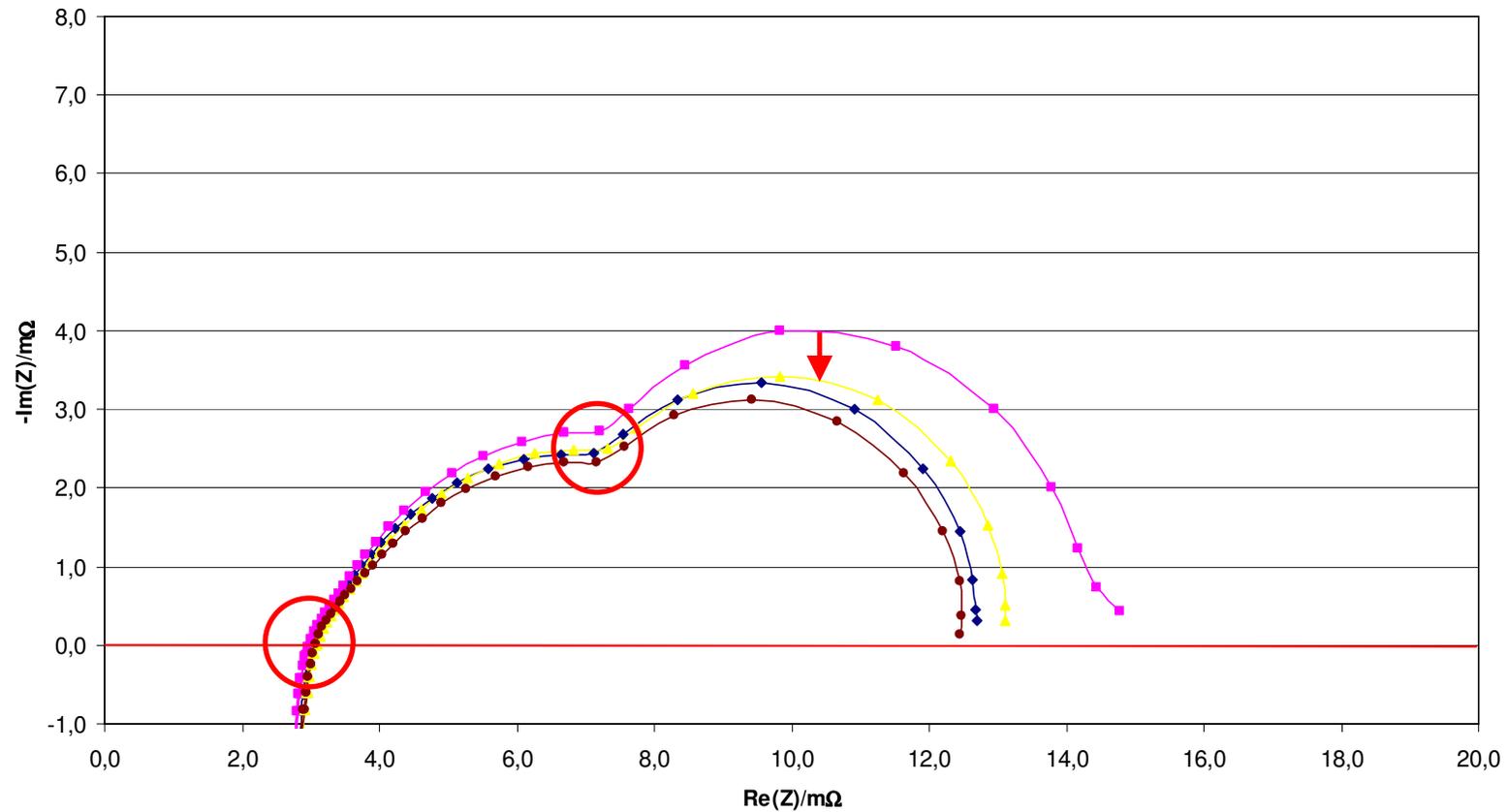
Spannungsverlauf beim Versuch vom 18.01.2011 mit CaCl₂ und anschließend NaCl



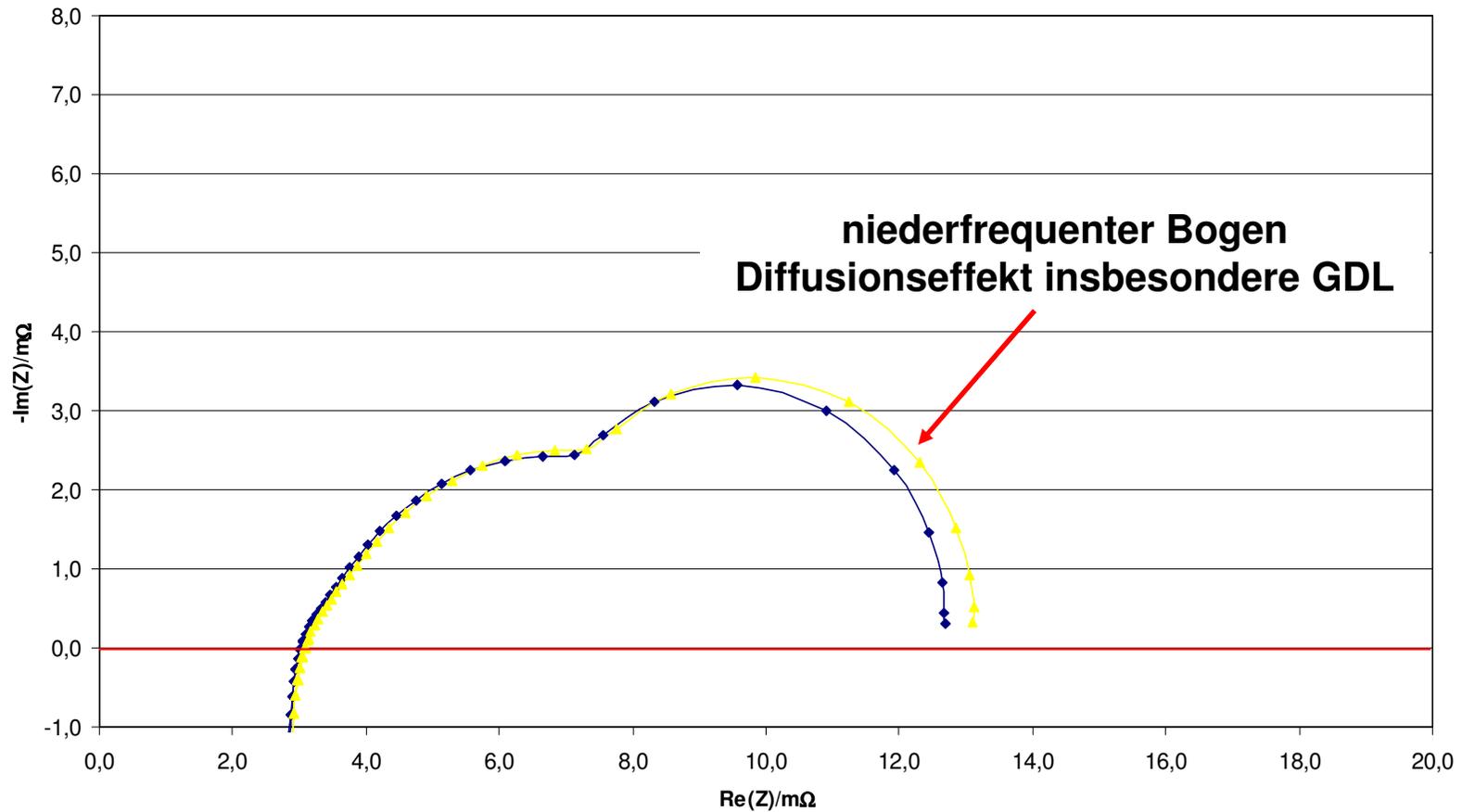
Spannungsverlauf beim Versuch vom 19.01.2011 mit CaCl₂



Nyquist-Diagramm Vergleich Impedanzmessungen Einzelzelle bei 400 mA/cm^2 mit CaCl_2 Belastung



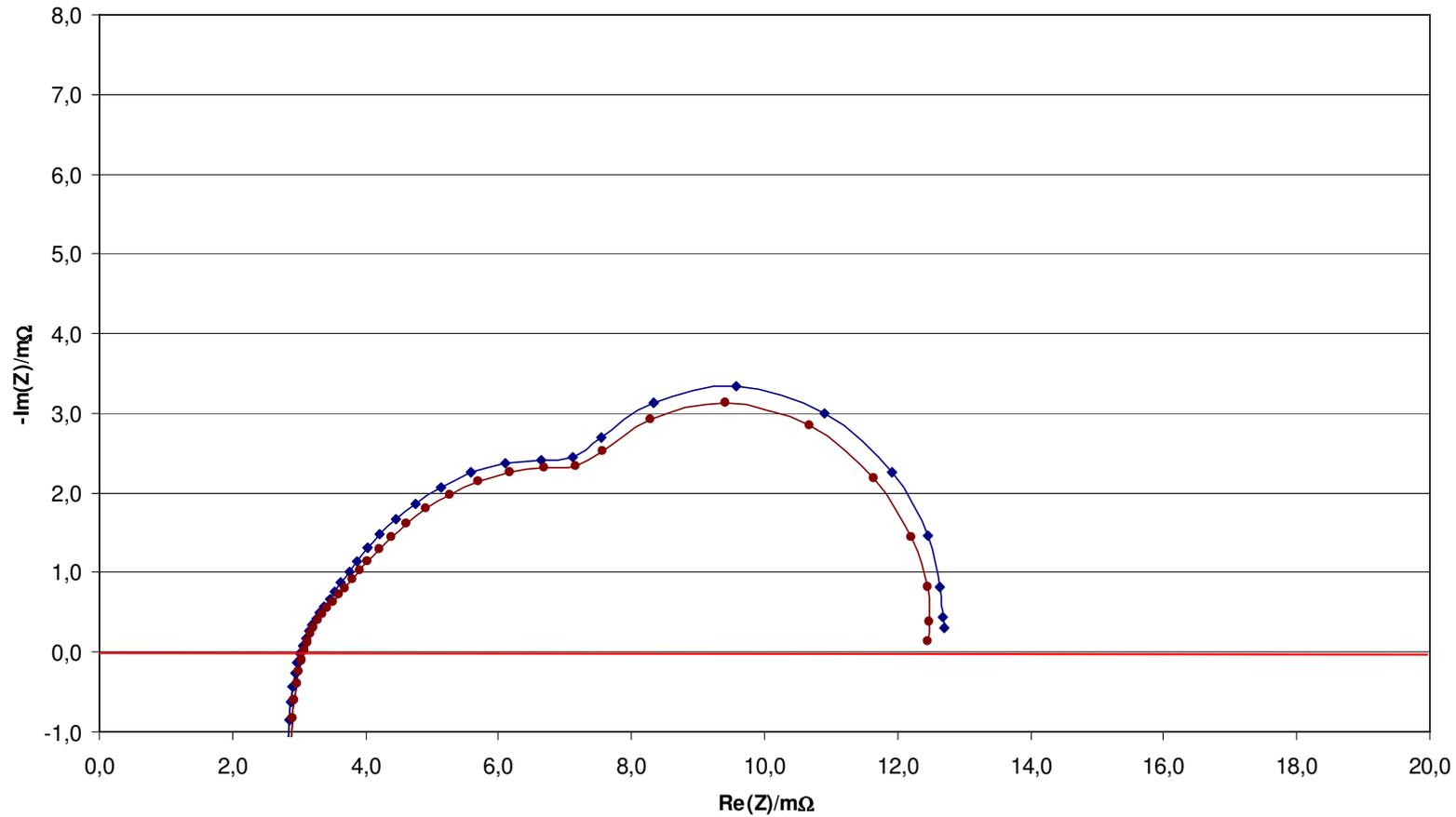
Nyquist-Diagramm Vergleich Impedanzmessungen Einzelzelle bei 400 mA/cm^2 mit CaCl_2 Belastung



—◆— ohne Partikel ($V = 0,560 \text{ ml/min}$) —▲— mit CaCl_2 nach 1 h und Volumenstromanpassung ($V = 0,560 \text{ l/min}$)

Nyquist Vergleich Saugbetrieb vs. Druckbetrieb

Nyquist-Diagramm Vergleich Impedanzmessungen Einzelzelle bei 400 mA/cm² mit CaCl₂ Belastung



—◆— ohne Partikel (V = 0,560 ml/min) —●— nach Regeneration mit Druckbetrieb (V = 0,560 l/min)

Zusammenfassung Partikelversuche

- NaCl und CaCl_2 führen bei hohen Konzentrationen zur Verstopfung der Gaskanäle und der GDL → hoher Druckanstieg
- Anlagerungen an aktiven Kat.-Flächen bzw. eine Schädigung der Membran durch Kationen konnten nicht festgestellt werden
- Die Verstopfung ist reversibel bei Beaufschlagung mit partikelfreier Luft, insbesondere im Druckbetrieb und mit befeuchteter Kathode
- Problematik bei den Versuchen: starke Druckerhöhung und Druckschwankungen, so dass Massflowmeter den Volumenstrom nicht schnell genug nachregeln konnte bzw. der Maximalwert des MFC erreicht wurde
- Gegen Versuchsende konnten bei starken Spannungsschwankungen keine Impedanzkurven aufgenommen werden

- Was passiert bei Langzeitbeaufschlagung von NaCl bzw. CaCl_2 mit niedriger Konzentrationen? → Schädigung Membran durch Kationen (1-wertig, 2-wertig)?
- Wird durch Befeuchtung der Kathode eine Partikelanlagerung am Eingang verhindert?
- Dauertest mit CV-Untersuchungen sinnvoll?

Vorschläge und Diskussion

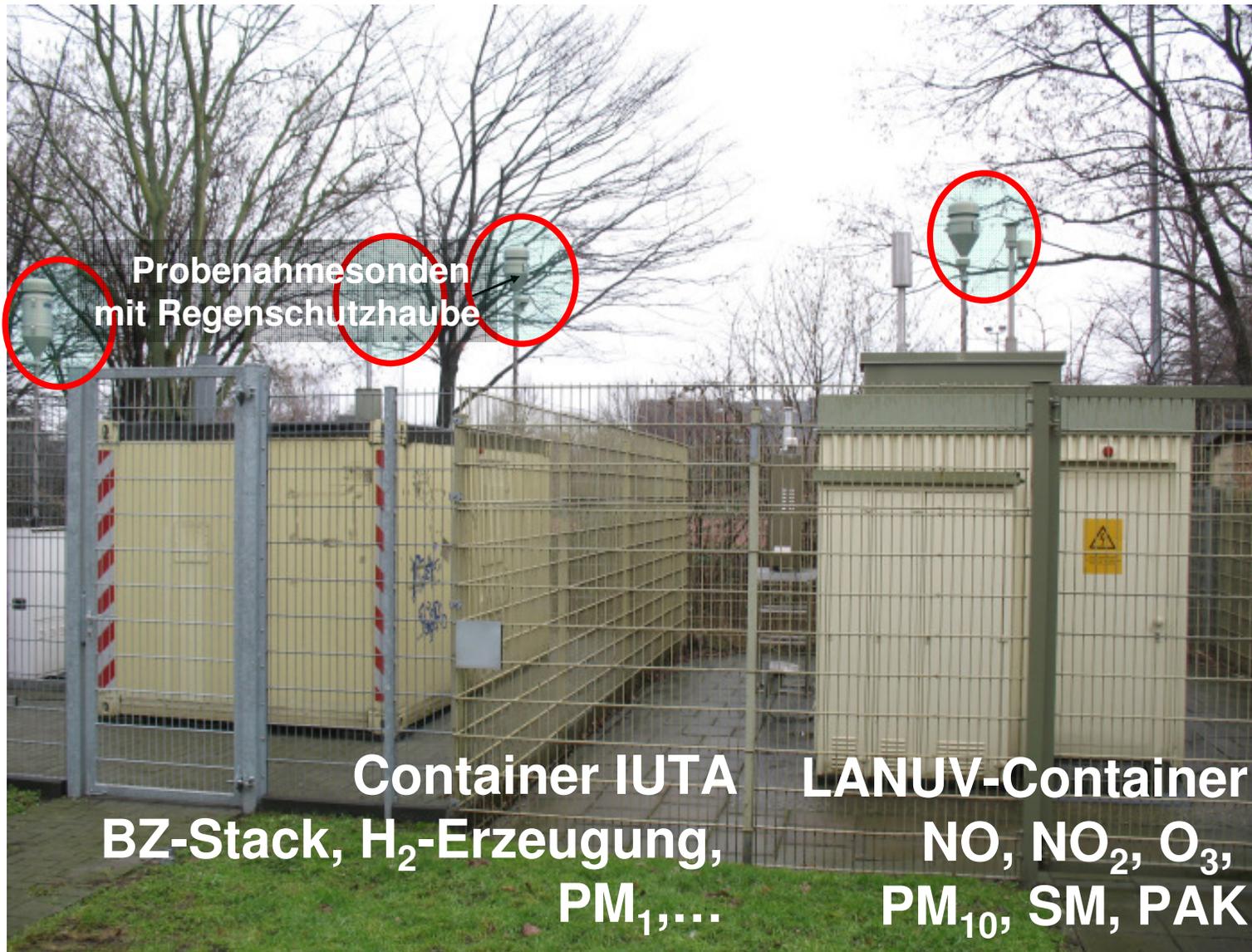
Vorteile:

Beaufschlagung mit realer Umgebungsluft in „Straßenverkehrsqualität“
(durch den motorisierten Straßenverkehr beeinflusste Luftqualität)

-> geplanter Einsatzbereich

Ziele:

- Sicherstellung des BZ-Dauerbetriebs unter dokumentierten realen Umgebungsbedingungen (insbes. Partikelmaterial und NO_x)
- Datenübertragung -> Laboruntersuchungen EIS und CV
- Modellentwicklung Kathodenreaktionen unter Realbedingungen (ZBT)
- Schädigungsmechanismen / -Komponenten identifizieren
- Entwicklungen zur erhöhten Schadgastoleranz auf Kathodenseite:
 - Filtersysteme,
 - resistente MEA
- Angepasste Aufstellungsorte für BZ-Systeme



EiS- und CV-Untersuchungen

- Partikeluntersuchungen
- Schadgasuntersuchungen
- Vergleichsuntersuchungen mit synthetischer Luft

Feldtests

- Bereitstellung der Infrastruktur am Messcontainer
- Bau der portablen BZ-Systeme
- Bereitstellung und Durchführung der Außentests einschließlich der Datenübertragung

Datenanalyse Außentests zur Vorbereitung der EIS-/CV-Messungen
Auswertung und Aufarbeitung der Versuchsergebnisse EIS und CV

Feldtest-Auswertung

- Auswertung der Feldtests –
BZ-Leistungsniveau als $f(C_i, C(\text{NO}_2), \text{klimatische Bedingungen})$

Ergebnisanalyse

- Analyse der Ergebnisse und Erarbeitung von Lösungsansätzen zur Weiterentwicklung der BZ-Systeme

Dokumentation, Veröffentlichung



Institut für Energie- und
Umwelttechnik e.V.
Bliersheimer Str. 60
47229 Duisburg

Internet: www.iuta.de
Ansprechpartner im Projekt:
A. Hugo, E-Mail: hugo@iuta.de

Geschichte

- 1989 gegründet als Institut für Umwelttechnik und –Analytik e.V.
- 1991 An-Institut der Universität Duisburg-Essen
- 1998 umbenannt in Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.

Zahlen & Fakten (2010):

Mitarbeiter(innen)	ca. 150
Büro-/Laborfläche	2.400 m ²
Technikumsfläche	4.000 m ²
Umsatz	ca. 6 Mio €