

# Kombinierter Einsatz von NMR und LIBS zur Verfolgung von Transportmechanismen in Baustoffen

Thilo Bintz<sup>1</sup>, Gerd Wilsch<sup>1</sup>, Sabine Kruschwitz<sup>1,2</sup>

## Einleitung

- Schadensprozesse in Baustoffen → Hauptursache sind Transportprozesse von Feuchte und gelösten Ionen
- Kombination von Nuclear Magnetic Resonance (NMR)-Tomographie und Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) → Feuchte- und Ionentransport gemeinsam darstellbar
- Beobachtung der Transportprozesse in vier Materialien (s.u.) mit zwei Natriumchloridlösungen (1 mol/l und 4 mol/l)
- Feuchtigkeitseintrag als 1D Profil (2 mm Schichten) mit NMR gemessen
- Ioneneintrag als 2D Oberflächenverteilung mit LIBS gemessen → in 1D Profil umgerechnet

## Messprinzipien von NMR<sup>[a]</sup> und LIBS<sup>[b]</sup>

### NMR

- <sup>1</sup>H Protonen richten sich an einem Magnetfeld aus → Protonen präzessieren um  $B_0$ -Achse
- Protonen können mit elektromagnetischem Puls um 90° gekippt und in Phase synchronisiert werden
- Magnetisierung nun mit CPMG Sequenz messbar

### LIBS

- Kleines Teilvolumen einer Oberfläche mit gepulstem Laser (ns) verdampft
- Lichtabsorption → Erhitzung auf über 10000°C → Mikro-Plasma
- Atome und Ionen strahlen bei Plasmazerfall charakteristisches Spektrum ab → spektroskopische Analyse → Elementanalyse

## Probenmaterial

- Zwei Sandsteine (Santa Fiora und Skala) und zwei zementäre Baustoffe (Beton und Mörtel)
- Quecksilber-Porosimetrie (MIP) zur Bestimmung von Porosität und Porenradienverteilung

Material	Porosity [%vol]	Diameter Pore Throat [nm]
Mortar	17.1	131
Concrete	14.4	131
Santa Fiora	6.6	461
Skala	24.8	29043

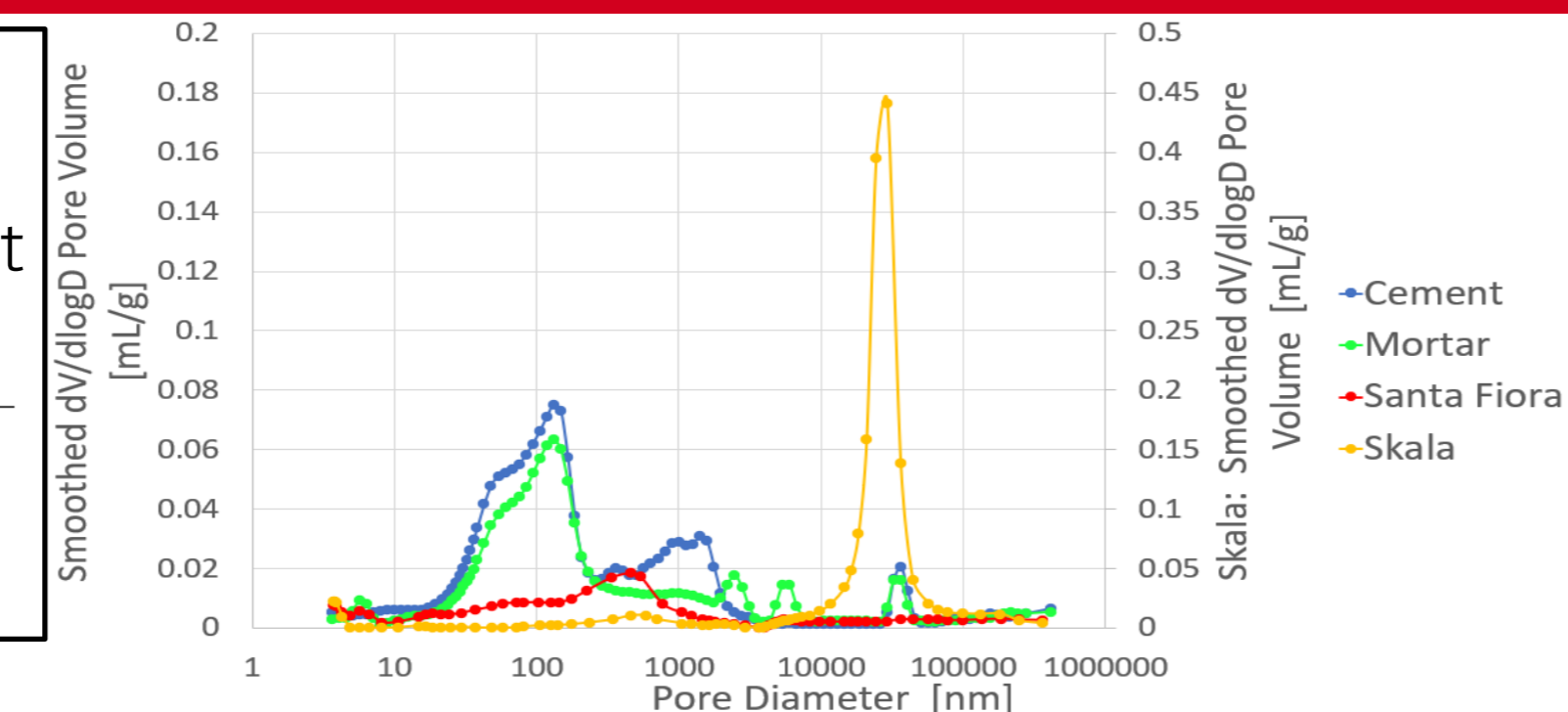


Abb. 1: Porenradienverteilung der Probenmaterialien gemessen mit MIP

## Zeitabhängiger Transport von Feuchtigkeit und Chloridionen

- Zur besseren Vergleichbarkeit → Frontenbestimmung der Kurven → Maximum auf Hälfte abgefallen
- Feuchtigkeit eilt Ionen immer voraus → höhere Geschwindigkeit
- Transportgeschwindigkeit vom Material (Porensystem) und der Konzentration der NaCl Lösung abhängig
- Chlorgehalt steigt schneller bei hoher Lösungskonzentration

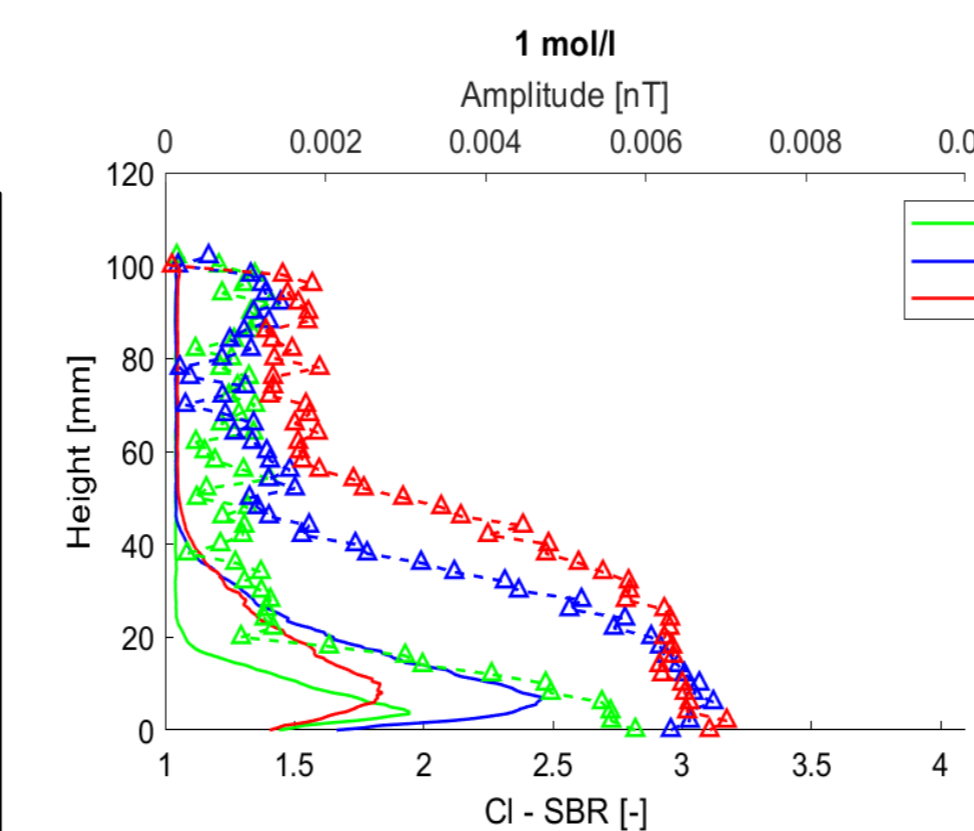


Abb. 2: Feuchte(Linie)- und Ionenprofile (Dreiecke) für Santa Fiora

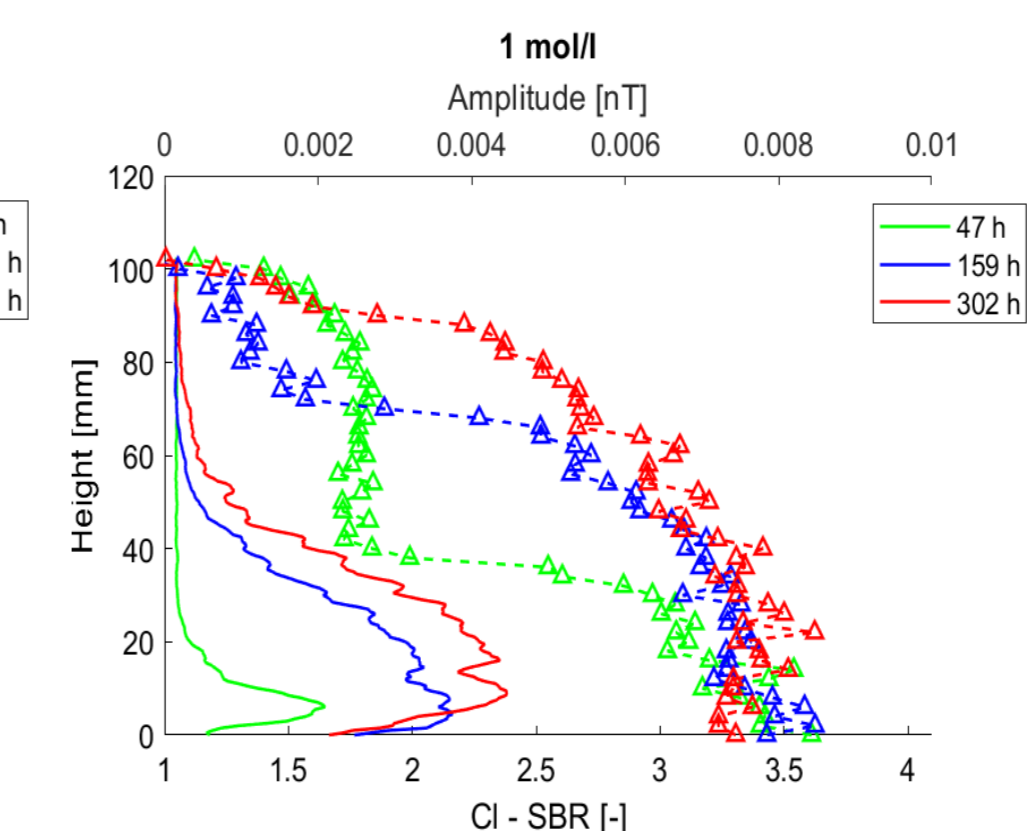


Abb. 3: Feuchte(Linie)- und Ionenprofile (Dreiecke) für Beton

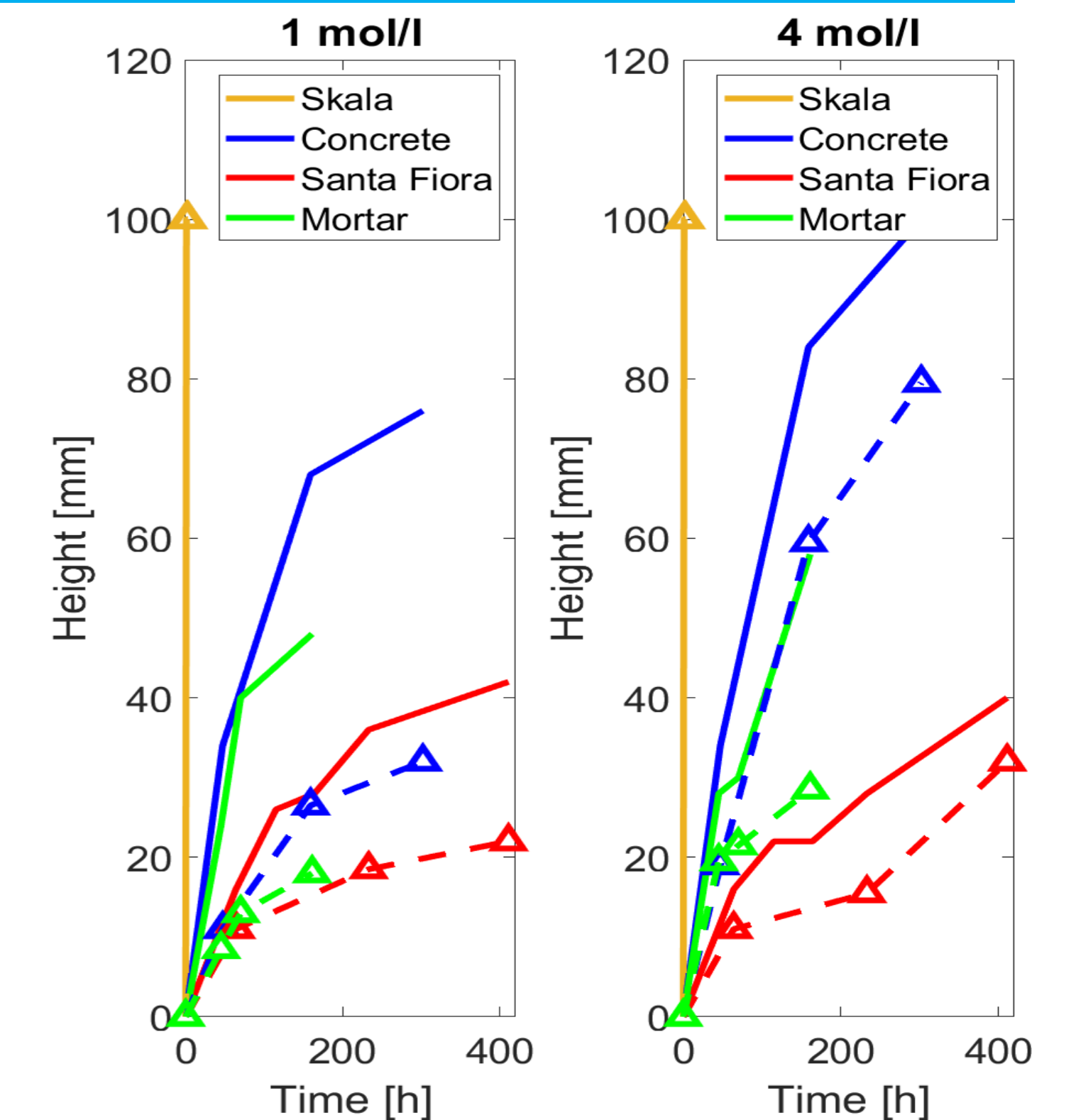


Abb. 4: Feuchte (Linie)- und Ionenfronten (Dreiecke)

## Vergleich 1D und 3D Feuchteverteilung

- Feuchtigkeitsverlauf in Santa Fiora auch mit 3D-Messungen dokumentiert
- Frontenbestimmung der 3D Messungen → Mittelung über Breite und Tiefe
- Frontvergleich von 3D und 1D Messungen → bestätigen gleichen Verlauf
- Interne Strukturen mit 3D Messungen besser erkennbar

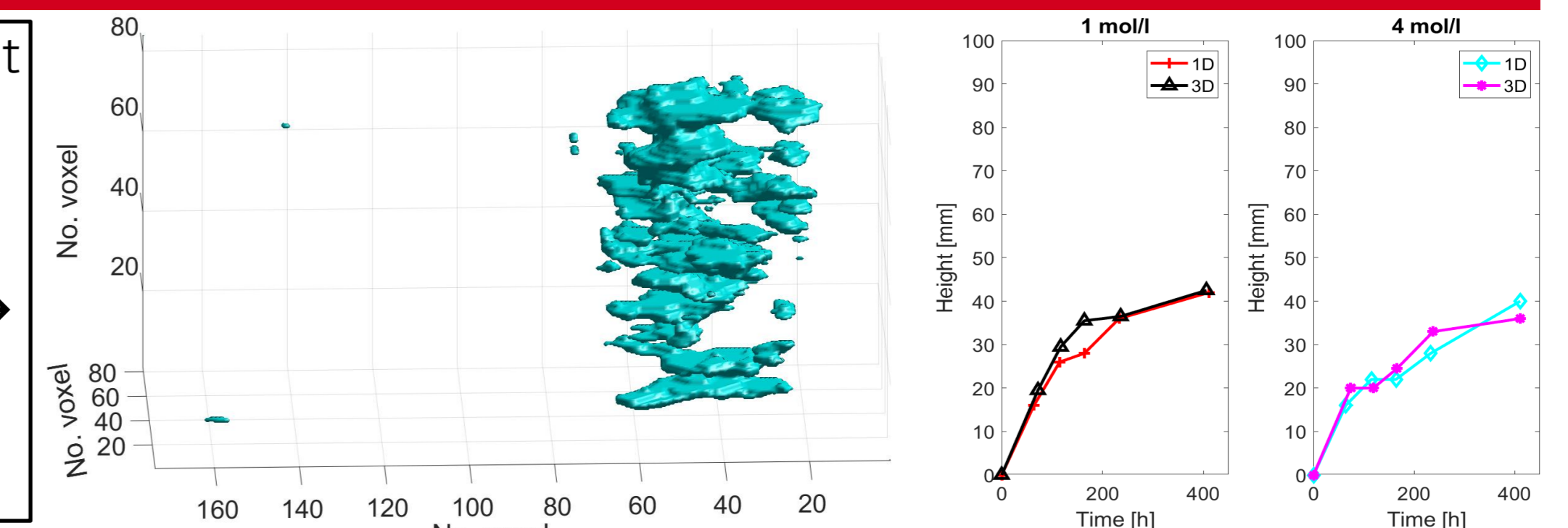


Abb. 5: 3D Darstellung von 164h Saugen von 1mol/l Lösung

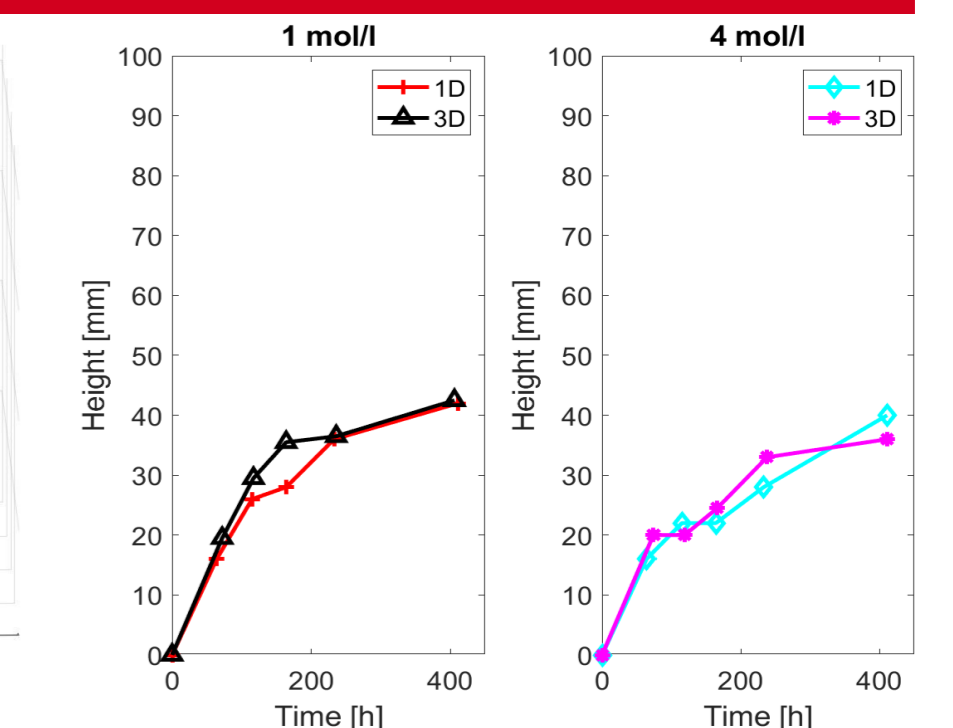


Abb. 6: Frontenvergleich

Sicherheit in Technik und Chemie

### Verweise:

<sup>[a]</sup> S. G. Allen, P. C. L. Stephenson, J. H. Strange (1997): Morphology of porous media studied by nuclear magnetic resonance

<sup>[b]</sup> P. Singh, S. N. Thakur (2020): Laser-Induced Breakdown Spectroscopy

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
Unter den Eichen 87, 12205

<sup>2</sup> TU Berlin  
Gustav-Meyer Allee 25, 13355 Berlin