

Porenstrukturuntersuchungen an verdichteten, austrocknenden Tonen

Dipl.-Ing. Maria Noack & M. Sc. Marylin Hell

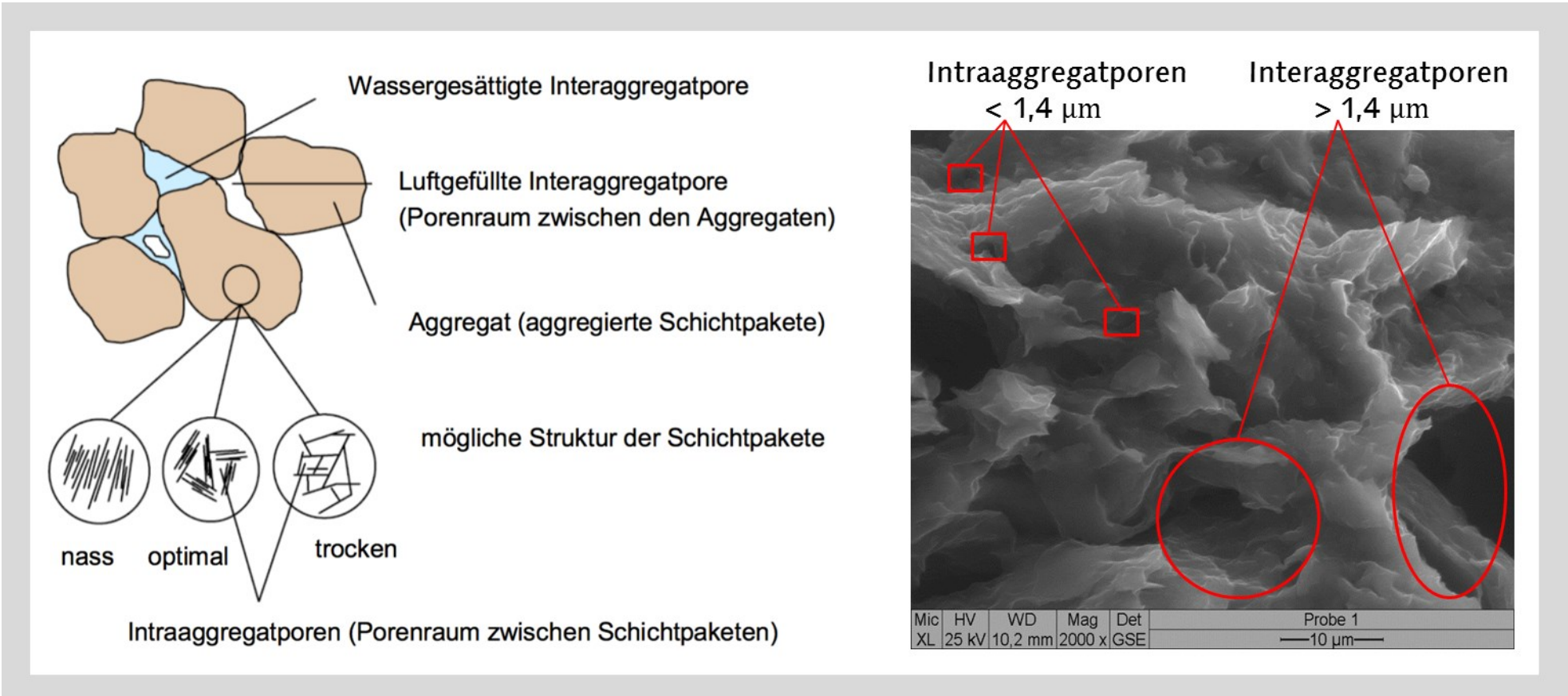


Abb. 1: links: Porenarten im ungesättigten Ton rechts: ESEM Aufnahme des Ausgangszustandes

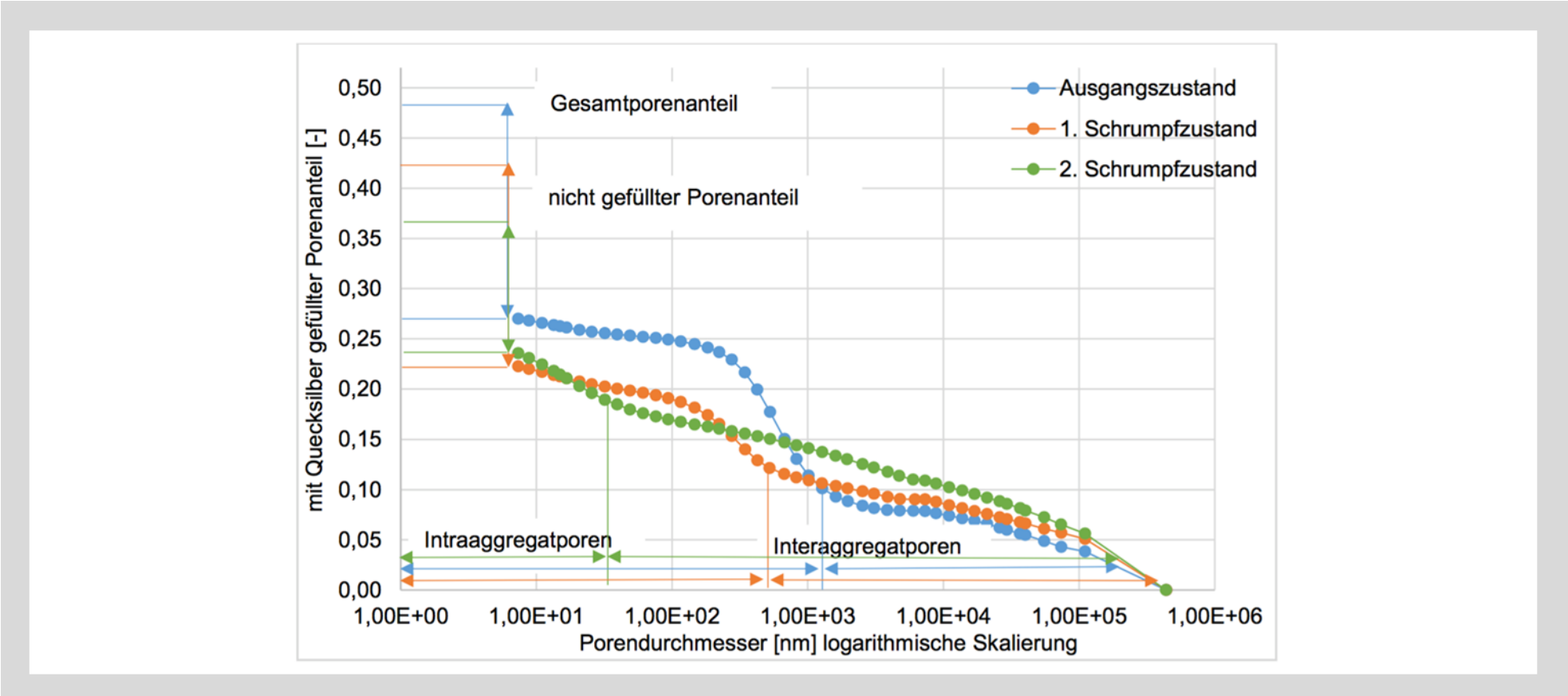


Abb. 2: Vergleich der Ergebnisse der Quecksilberporosimetrieuntersuchungen aller Zustände



Abb. 3: Dünnschliff des Ausgangszustandes

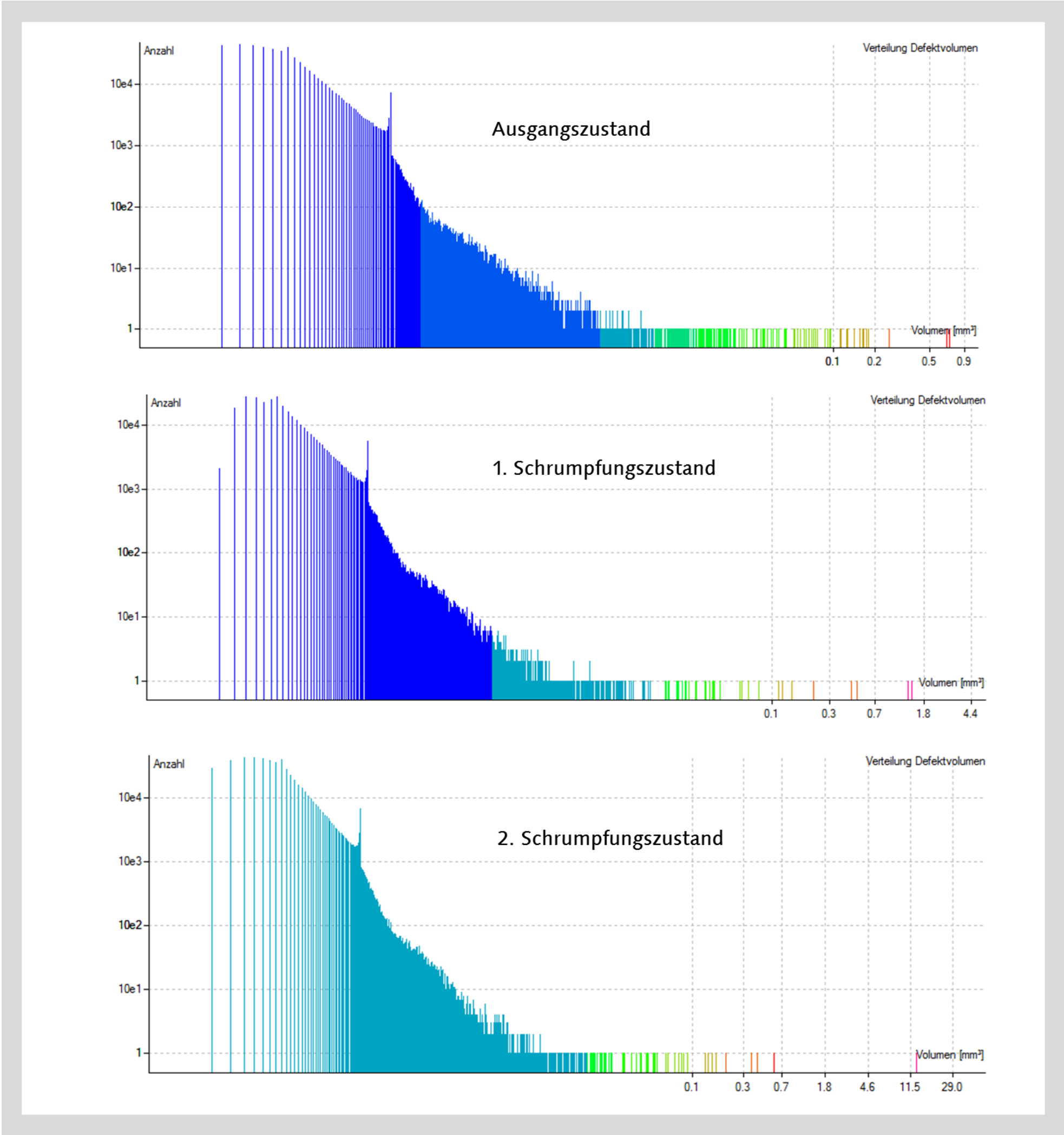


Abb. 4: Porenanzahl und -volumen aller 3 Zustände, dargestellt aus den Ergebnissen der CT-Untersuchungen

MOTIVATION

In vielen geotechnischen Strukturen, wie im Erddamm- oder Oberflächenabdichtungen von Deponien ist die Rissent- stehung im Austrocknungsprozess in ungesättigten Tonschichten durch Erreichen der Zugfestigkeit von hoher Bedeutung für die Standfestigkeit des Bauwerks. Aus der Literatur ist bekannt, dass bestimmte Porenanteile des Materials für mechanische und hydraulische Versagenspro- zesse verantwortlich sind. Bisher ist noch nicht genau geklärt, welche Porosität sich während des Trocknungspro- zesses, der Wassersättigungsänderung und der Verdich- tung verändert. Hier wurde die Änderung der Porosität im Austrocknungs- und Schrumpfverhalten mittels verschie- dener Untersuchungsmethoden analysiert. Es wurden Stickstoffadsorptions-, Quecksilberporosimetrie-, ESEM-, Auflicht- und Durchlicht-, sowie NanoCT – Untersuchen- gen an drei verschiedenen Schrumpfungszuständen eines Cal- cigel-Bentonits (Calciumbentonit) vorgenommen. Auszüge der Ergebnisse werden hier vorgestellt.

METHODIK

Bentonite zeichnen sich durch ihr hohes Quell- und Schrumpfpotential sowie ihre Adsorptionsfähigkeit aus. Aufgrund dieser speziellen Eigenschaften des Bentonits wurde ein erweitertes Aufbereitungsverfahren angewen- det, wobei die Vergleichbarkeit und Verlässlichkeit der Er- gebnisse gefördert werden soll. Aus einer Untersuchungs- reihe zum Verhalten des Wassergehaltes zur Trockendich- te, wurden mittels des Standardproctortests die Parame- ter für den optimalen Wassergehalt zur höchstmöglichen Trockendichte bestimmt. Diese Ausgangsparameter bilde- ten die Voraussetzung zur Untersuchung des Schrumpfver- haltens im freien Schrumpfversuch. Hier wurden drei Schrumpfungszustände festgelegt, an denen die Porosimetrie- untersuchungen vorgenommen wurden: Ausgangszustand (entspricht den Parametern des Proctoroptimums), 1. Schrumpfungszustand (50% Wassergehalt der ungesättig- ten Schrumpfgrenze) und 2. Schrumpfungszustand (ungesättigte Schrumpfgrenze).

Für die Untersuchungen der Änderung zur Porosimetrie mittels ESEM und NanoCT konnten feuchte Proben aus den Verdichtungsversuchen gewählt werden, die auf den entsprechenden Wassergehalt bei gleichbleibenden Um- gebungsbedingungen runtergetrocknet wurden. Für die Analyse mittels Stickstoffadsorptions-, Quecksilberporosi- metrie-, Auflicht- und Durchlichtuntersuchungen mussten die Proben zuvor gefriergetrocknet werden.

Bei dieser Art der Trocknung geht das Wasser direkt vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über, wobei eine ge- fügeverändernde Volumenzunahme vermieden werden soll. Im Ergebnis aus den Untersuchungen kann ein Ver- gleich zur Änderung der Porosimetrie der nassen sowie der gefriergetrockneten Proben vorgenommen werden.

ERGEBNISSE

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnten Rück- schlüsse auf die Porenverteilungsänderung im Schrumpf-ungsprozess gezogen werden. Mit der Quecksilberporosi- metrie konnte einerseits eine Porengrößenverteilung und andererseits die Trennungsporengrößen zwischen Inter- und Intraaggregatporen (Abb. 1 links) bei den Austrock- nungszuständen festgelegt werden. Aus Abb. 2 erkennt man, dass diese Trennungsporengrößen im Laufe der Schrumpfung immer kleiner werden. Außerdem stellt man eine Verdichtung des kompletten Porenraums aufgrund des kleiner werdenden Gesamtporenanteils während der Trocknung fest. Mit der Stickstoffadsorption konnten ebenfalls eine Porengrößenverteilung festgestellt werden. Der Hauptanteil der hier durchgeführten Untersuchung lag im Mesoporenbereich zwischen 50 und 2 nm. Außerdem wurde versucht eine Verbindung zwischen der Quecksil- berporosimetrie und der Gasadsorption zu knüpfen, wobei

die Porenverteilung für ein größeres Spektrum abgebildet werden kann. Auch hier war ein Peak im unteren Meso- porenbereich erkennbar. Bei der NanoCT–Untersuchung an feuchten Proben konnte die Veränderung der Poren- größen ebenfalls festgestellt werden. Man erkennt in Abb. 4 und Abb. 5, dass die Porenvolumina der luftgefüllten Poren im Laufe der Schrumpfung immer weiter zunehmen. Wenn man das Dreistoffsystem beachtet, wobei das Po- renvolumen aus wasser- und luftgefüllten Poren besteht, nehmen die wassergefüllten Poren im Gegenzug ab. Mit der ESEM Untersuchung (Abb. 1 rechts) und den Mikro- skopieuntersuchungen (Abb. 3) konnte die Verdichtung des Gefüges im Zuge der Schrumpfung ebenfalls festge- stellt werden. Mit der Trennungsporengröße, welche durch die Quecksilberporosimetrie festgelegt wurde, konnte die Intra- und Interaggregatporen außerdem in Abb. 1 mit den ESEM Ergebnissen veranschaulicht wer- den.

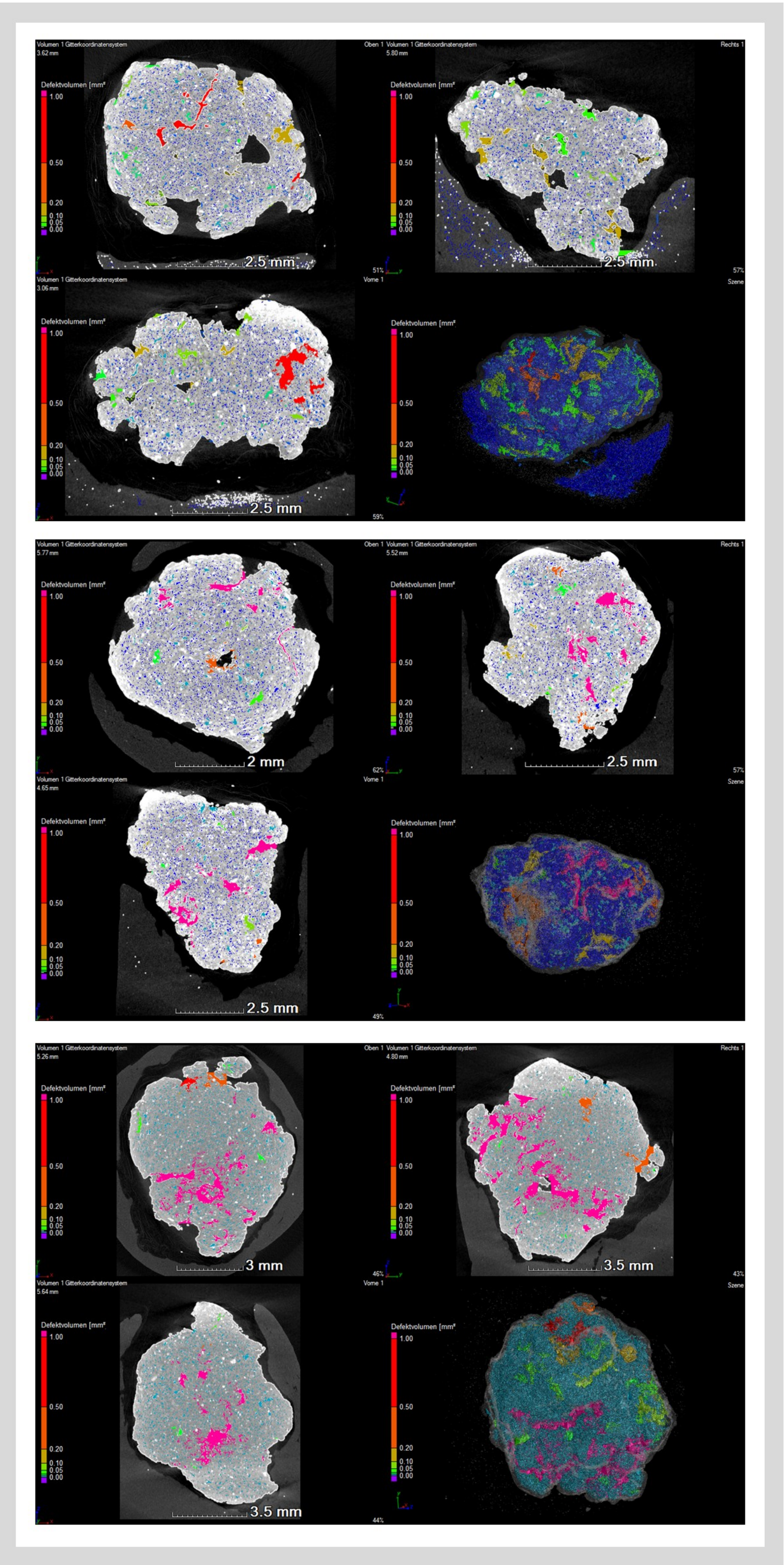


Abb. 5: Schnitte der drei Achsen, 3D Aufnahme der Poren mit Boden- matrix, sowie enthaltener Wasserporen (in hoher Transparenz) in mm

KONTAKT:

Dipl.-Ing. Maria Noack
maria.noack@uni-weimar.de
+49 (0) 3643 / 58 45 98

M. Sc. Marylin Hell
marylin.hell@uni-weimar.de

