

**Das Fachgebiet Geotechnik der Universität Duisburg-Essen forscht und lehrt am Campus Essen – mitten im Ruhrgebiet**



**Team des Fachgebietes Geotechnik**  
v.l.n.r.: Bettina Detmann, Solveig Buscher, Abdulsalam Abdulrahman, Luisa Kagermeier, Eugen Perau, Jasmin Kaufmann, Jörg Nolzen; es fehlen auf dem Foto: Benedikt Kosmann, Antonia Dahmen, Andreas Sibelek und Bjarne Kroll

Weitergehende Informationen zum Fachgebiet finden Sie auch auf unserer **homepage**: [www.uni-due.de/geotechnik](http://www.uni-due.de/geotechnik)

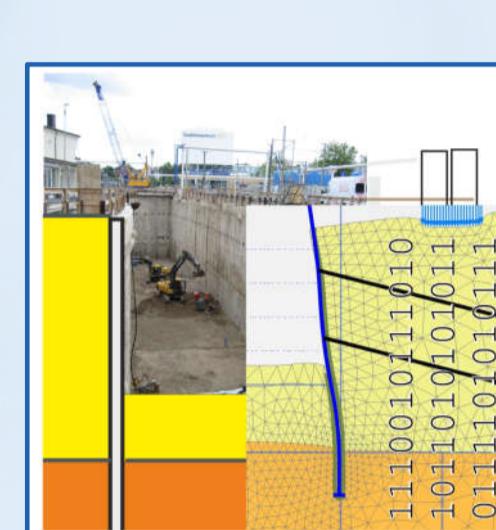
Teil unseres wissenschaftlichen Betriebs ist ein Geotechnisches **Labor**, in dem wir auch eine Berufsausbildung zum Baustoffprüfer anbieten.

Wissenschaftliche Erkenntnisse, die am Fachgebiet gewonnen werden, sowie Tagungsbände zu unseren Veranstaltungen werden kontinuierlich in einer Mitteilungsreihe, dem **Report Geotechnik** veröffentlicht. Dieser erscheint sowohl klassisch als Druck wie seit 2020 auch digital unter:

[doi.org/10.17185/duepublico/71261](https://doi.org/10.17185/duepublico/71261)



Am Do., den **27.03.2025** findet in **Essen** unter unserer Federführung zusammen mit den Geotechnik-Fachgebieten der Ruhr-Universität Bochum, der TU Dortmund sowie der Bergischen Universität Wuppertal der **14. RuhrGeo-Tag** statt. Die ganztägige Tagung widmet sich dieses Mal dem Thema:  
„**Digitalisierung – wohin geht die Reise?**“



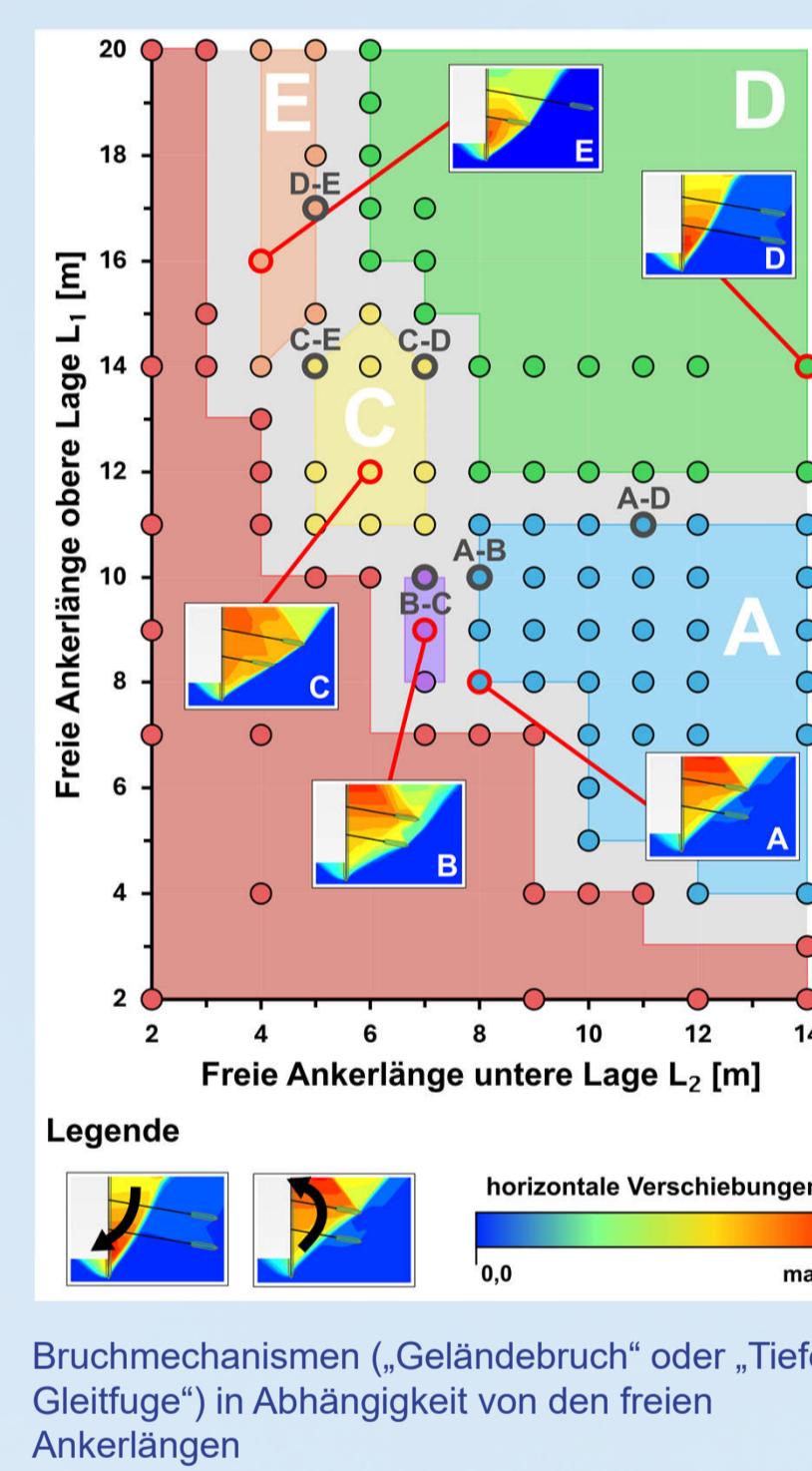
## Nachweis der Standsicherheit durch Berechnungen mit der FEM

**Prof. Dr.-Ing. Eugen Perau, Dr.-Ing. Antonia Dahmen**

Die Finite-Elemente-Methode (FEM) wird zunehmend auch zum **Nachweis der Standsicherheit** von geotechnischen Konstruktionen herangezogen. Zwar erlaubt die zukünftige Normengeneration eine derartige Nachweisführung, jedoch fehlen noch genauere Festlegungen dazu. Das gilt insbesondere für Verbauwände.

**Vorteile** der FEM-Berechnungen gegenüber Ansätzen der klassischen Erdstatik sind z.B., dass keine Annahmen über maßgebliche Bruchmechanismen erforderlich sind und auch komplizierte Geometrien und Bauabläufe sowie eine Grundwassерströmung erfasst werden können.

Anhand der Berechnung exemplarischer Konstruktionen wie etwa mehrfach ausgesteifter und/oder rückverankerter Verbauwände wird untersucht, wie sich z.B. in Abhängigkeit von den Ankerlängen die berechneten Sicherheiten entwickeln und welche Bruchmechanismen dabei auftreten. Ein Ziel ist auch der Abgleich mit Ergebnissen von Berechnungen mit der klassischen Erdstatik.



### Veröffentlichungen (Auswahl):

- Dahmen, A. (2022): Zum Nachweis der Standsicherheit von Verbauwänden mit der Finite-Elemente-Methode, Report Geotechnik, Heft 47, Dissertation, <https://doi.org/10.17185/duepublico/76327>
- Perau, E.; Wüster, T. (2024): Nachweis erforderlicher Ankerlängen mit der FEM bei zweifacher Rückverankerung, Bautechnik 101, Heft 9, DOI: 10.1002/bate.202400040

## Kontinuumsmechanische Modellierung innerer Suffusion und Dispersion

**Solveig Buscher, M.Sc.; Abdulsalam Abdulrahman, M.Sc.**

Erosive Prozesse, wie innere Erosion, stellen für manche geotechnischen Bauwerke eine Gefahr dar, insbesondere bei grob abgestuften Böden mit Ausfallkörnung. Durch Grundwasserbewegungen können Feinbestandteile aus der Bodenmatrix gelöst und abtransportiert werden, was zu Veränderungen im Porenraum, der Durchlässigkeit und der Strömungsart führt. Die Dispersion, die die eine weitere Ausbreitung der Partikel in der Bodenmatrix beschreibt, beeinflusst die Partikelverlagerung zusätzlich. Langfristig kann dies zur Instabilität von Gründungen und Erdbauwerken führen.

Mithilfe der Kontinuumsmechanik lassen sich die beteiligten Bodenbestandteile sowie die verschiedenen Aspekte des inneren Suffusionsprozesses (wie z.B. Relativbewegung, Dispersion und Massenaustausch) modellieren. Berechnungen mit einem solchen Ansatz ermöglichen auch die Prognose von Abläufen bei der Erosion und erleichtern somit eine bessere Abschätzung von Versagensrisiken. Sollten zum Beispiel gefährliche Zustände erst für die Zeit nach der Nutzungsdauer vorhergesagt werden, so könnte eine Bewertung der Situation günstiger ausfallen.

### Veröffentlichungen (Auswahl):

- Askamp, T. (2024): Ein Modell zur Beschreibung innerer Erosion: Grundzüge des mechanischen Modells und Ansätze zum Massenproduktionsterm, Heft 49, Dissertation DOI: 10.17185/duepublico/81891
- Buscher, S.; Perau, E. (2021) Modellierung von Erosion und Transport von Bodenpartikeln im Korngefüge: Motivation und Konzept in: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik [Hrsg.], Würzburg.



**DRAGON Ruhr.nrw**

**Prof. Dr.-Ing. Eugen Perau, Dr.-Ing. Benedikt Kosmann**

Das Forschungsprojekt DRAGON Ruhr im Überschneidungsbereich der Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum und dem **Bauingenieurwesen** der Universität Duisburg-Essen und der TU Dortmund hat zum Ziel digitales, **diversitäts-offenes**, pandemiesicheres und barrierefreies **Lehr- und Weiterbildungsmaterial** zu erarbeiten.

Mittels **Drohnenbefahrung** konnten auch in gefährlichen Bereichen geotechnischer Baumaßnahmen aussagekräftige Aufnahmen gewonnen, die zu Videos, **AR-** und **VR-**Elementen sowie interaktiven Rundgängen weiterverarbeitet werden. DRAGON Ruhr.nrw ermöglicht so eine **digitale Begehung** geotechnischer Baustellen und macht die **gesamten Prozesse** der Gewerke zugänglich.



3D-Modell zur Begehung einer Baustelle während der Herstellung einer Schlitzwand (Kosmann et al., 2023)



### Veröffentlichungen (Auswahl):

- Kosmann, B., Perau, E., Könemann, F. (2023): Erstellung einer digitalen Baustellenvisite durch Anwendung von Photogrammetrie und Drohnenbefahrung im Rahmen des Forschungsprojekts DRAGON Ruhr; Fachsektionstage Geotechnik - Interdisziplinäres Forum 2023: 25. Symposium Felsmechanik und Tunnelbau; Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGfG); Würzburg, 12. - 13. September 2023, S. 306 – 311



Ein Kooperationsvorhaben empfohlen durch die

Gefördert durch

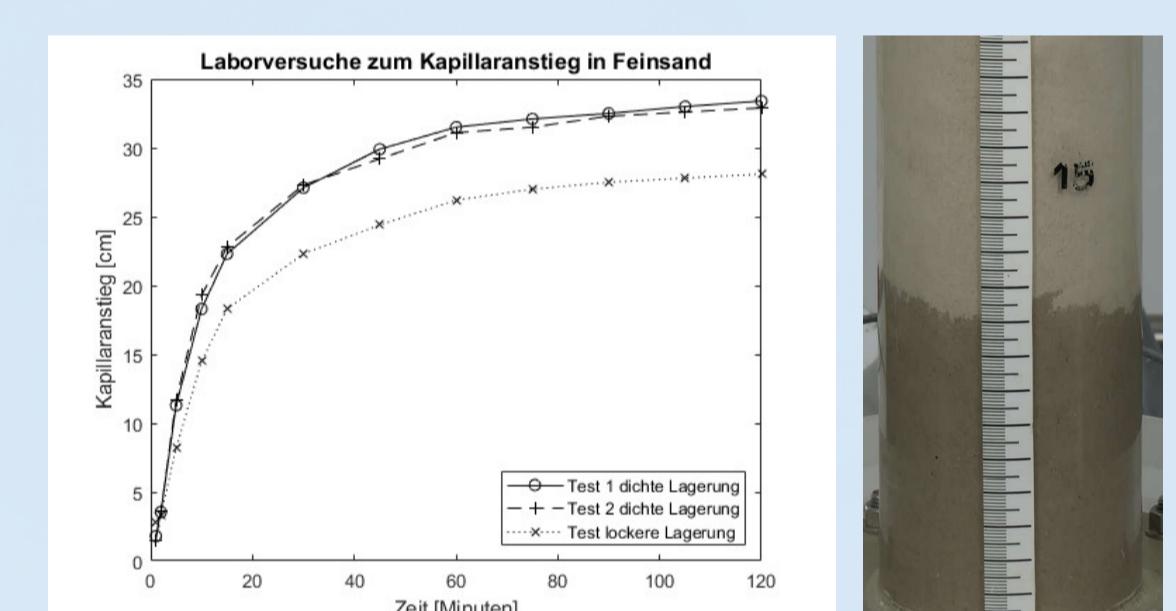


## Infiltration und Kapillaraufstieg

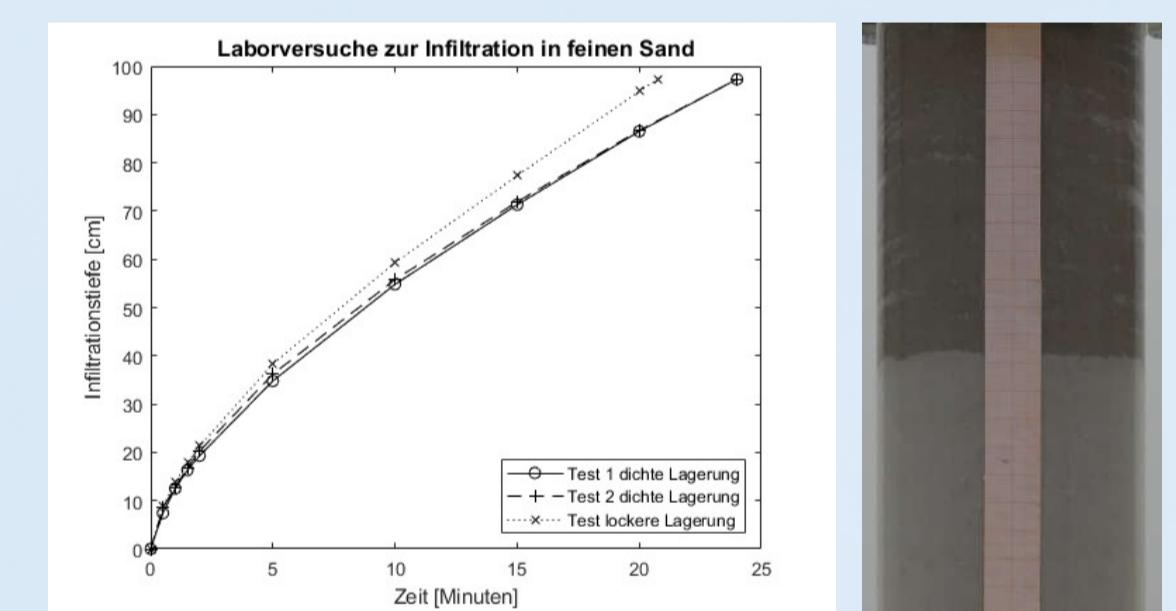
**Prof. Dr.-Ing. Bettina Detmann**

Erste Untersuchungen zu den beiden Phänomenen Infiltration und Kapillaranstieg wurden unter einfachsten Bedingungen im Labor durchgeführt. Eine einzige, sehr homogene Bodenart wurde für 1D Versuche in einer 1m hohen Plexiglassäule verwendet. Die Probe wurde einmal von oben, einmal von unten gewässert. Das Durchfeuchten der gesamten Säule dauerte je nach Lagerungsdichte 20 bis 24 Minuten. Der maximale Kapillaranstieg war 28 bis 33 cm und es wurde nach etwa 2 Stunden ein asymptotischer Wert erreicht. Die Benetzungsfront war in beiden Fällen scharf und für die Infiltration glatt, für den Kapillaranstieg leicht wellig.

Momentan werden die Laborversuche dahingehend erweitert, auch 2D Tests durchzuführen und andere Bodenarten zu untersuchen. In weiteren 1D Tests werden Feuchtigkeitssensoren eingesetzt, um das Verhalten von Sand in einem kombinierten Bewässerungs-/Drainageversuch zu untersuchen. Denn es ist bekannt, dass in ungesättigten porösen Medien eine Hysterese in der Kapillardruckkurve auftritt. Diese wird sowohl experimentell als auch theoretisch erforscht.



Ergebnisse von Laborversuchen zum Kapillaranstieg in Feinsand.



Ergebnisse von Laborversuchen zur Infiltration in Feinsand.

## Simulation von Zweiphasenströmungen mit der Gemischten Finite-Elemente-Methode

**Luisa Kagermeier, M.Sc.**

Zweiphasenströmungen sind bei vielen geotechnischen Fragestellungen von Bedeutung. Bei den Phasen, die sich in den Poren bewegen, kann es sich zum Beispiel um die Porenfluide Luft und Wasser aber auch um erodierte Partikel und Wasser handeln. Ähnlich wie in vielen anderen Bereichen der Ingenieurwissenschaften wird auch in der Geotechnik zur Lösung komplexer Problemstellungen immer öfter auf numerische Lösungsansätze zurückgegriffen. Hierzu hat Potthoff 2003 (Dissertation, Report Geotechnik Universität Duisburg-Essen Heft 31) ein Programm („ZFLOWRT“) auf Basis der Gemischten Finite-Elemente-Methode in MATLAB entwickelt, welches die Berechnung von Luft- und Wasserströmungen nach Perau (2001) ermöglicht. Potthoffs Arbeit stellt die Basis für eine Vielzahl an möglichen Weiterentwicklungen und Modifizierungen dar.

### Bereits umgesetzte Modifizierungen:

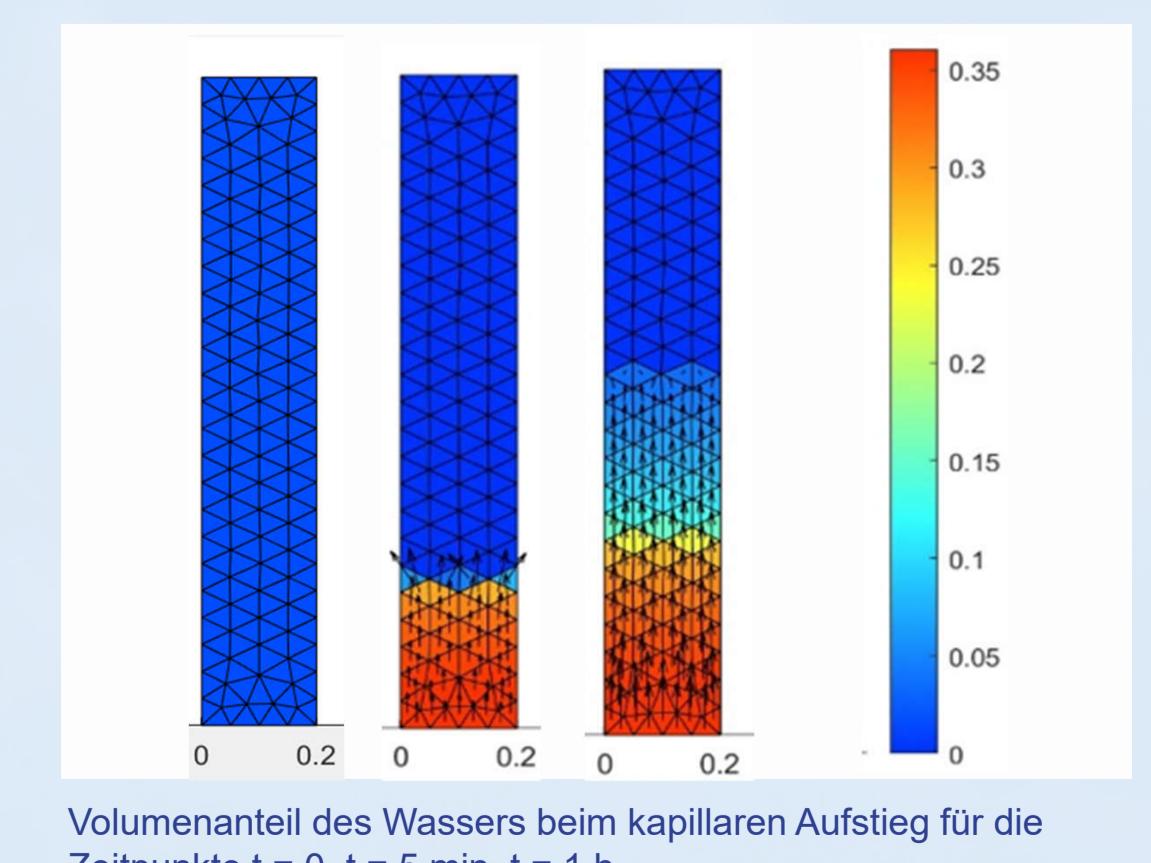
- Einführung einer neuen Eingabemaske mit MS-EXCEL
- Eingabe von parametrisierten Anfangs-Randwertproblemen
- Definition des Strömungsgebiets mit Subdomains
- Einführung einer Bodendatenbank mit Parametern
- Formulierung von speziellen Anfangsbedingungen
- Formulierung von zeitlich veränderlichen Randbedingungen
- Steuerung von numerischen Parametern und Ausgaben

### Ziel:

Entwicklung eines Programmcodes zur numerischen Lösungen von Partikel- und Wasserströmungen in Anlehnung an „ZFLOWRT“

### Veröffentlichungen (Auswahl):

- Perau, E.; Kagermeier, L. (2024): Strömung von Wasser und Luft im Boden – Lösung einfacher Anfangs-Randwertprobleme mit der Gemischten FEM, BAW Kolloquium 2024, Karlsruhe (im Druck)
- Kagermeier, L. (2024): Simulation von Zweiphasenströmungen mit der Gemischten Finite-Elemente-Methode. In: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik [Hrsg.], Bremen



Volumenanteil des Wassers beim kapillaren Aufstieg für die Zeitpunkte t = 0, t = 5 min, t = 1 h