

# Probabilistische Analysen von Flussdeichen unter Berücksichtigung multivariater Belastungen

Bei der Analyse der Standsicherheit von Flussdeichen sind die Wechselwirkungen zwischen der Belastungsgröße des Hochwasserstandes und der daraus resultierenden Durchsickerung ein Prozess von hoher Relevanz. Schließlich trennt die Sickerlinie die Querschnittsfläche in den wassergesättigten und ungesättigten Querschnittsanteil.

Bei stationärer Betrachtung wird die Lage der Sickerlinie in homogenen Deichen durch die äußere Kubatur in das System eingepreßt<sup>1</sup> und liegt für reale Hochwasserereignisse weit auf der sicheren Seite. Die Berücksichtigung multivariater Belastungen im Rahmen einer instationären Betrachtung zeigt jedoch deutlich, dass die Lage der Sickerlinie vom zeitlichen Verlauf der Hochwasserganglinie, den daraus resultierenden Wassergehalts- und Saugspannungen im Deich sowie der gesättigten Durchlässigkeit der Deichbaumaterialien abhängt.

Die Charakteristik der Ganglinie findet allerdings in der derzeitigen Bemessungspraxis nach DIN 19712 und DWA-M-507 keine direkte Anwendung. So wird beispielsweise die resultierende Einstaudauer einer Hochwasserganglinie nur indirekt berücksichtigt.

Mit diesem Beitrag wird eine Methodik präsentiert, die für einen ausgewählten Deichabschnitt natürliche Abhängigkeitsstrukturen durch synthetisch erzeugte Bemessungsganglinien in der probabilistischen Bemessung quantifiziert und direkt in den geohydraulischen Prozess der Durchsickerung integriert. Unter Verwendung ausgewählter Wasserstands- und Abflusszeitreihen an einem Deichabschnitt können mithilfe der erweiterten Hochwassermerkmalsimulation nach MUNLV<sup>2,3</sup>, Hochwasserwellen anhand von fünf Parametern beschrieben werden. Nach erfolgreicher Anpassung geeigneter Verteilungsfunktionen werden im nächsten Schritt Abhängigkeiten der Parameter mithilfe von Copula-Funktionen quantifiziert. Anschließend werden durch die Kombination der korrelierten Parameter beliebig viele synthetische Hochwasserganglinien generiert. Nach dem Prinzip der Monte-Carlo-Simulation führt eine ausreichend große Anzahl synthetischer Ereignisse dazu, auch extreme Ereignisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit gut abzubilden. Durch eine entwickelte Routine kann der Verlauf der Durchsickerung für die jeweiligen Hochwasserganglinien zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem instationären, geohydraulisch numerischen Modell simuliert und visualisiert werden.

Im Ergebnis lassen sich Aussagen hinsichtlich der Verhaltensmuster der resultierenden Sickerlinien, basierend auf den synthetischen Bemessungsganglinien, ableiten und prognostizieren.

Diese werden einer Zuverlässigkeitsanalyse zugeführt und ermöglichen somit eine probabilistisch gestützte Bewertung der Standsicherheit des Deichabschnitts.

<sup>1</sup> Schwiersch, Dumke, Stamm (2021): Probabilistische Verortung der stationären Sickerlinie in Flussdeichen unter Verwendung analytischer Berechnungsverfahren

<sup>2</sup> Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

<sup>3</sup> Bender und Jensen (2012): Ein erweitertes Verfahren zur Generierung synthetischer Bemessungshochwasserganglinien