

NIEDSIM - Aktueller Niederschlagssimulator zur Generierung hochaufgelöster Niederschlagszeitreihen

W3

CORNELIA LÖNS-HANNA

Einführung

Für Hessen steht eine aktualisierte Version 2.2 des Programms „NiedSim“ (Niederschlags-Simulator) [1] zur Simulation langjähriger, hochaufgelöster Niederschlagszeitreihen zur Verfügung. Mit dieser neuen, aktualisierten Version können nun für jeden Ort in Hessen Niederschlagszeitreihen in fünf-minütiger Auflösung für den Zeitraum 1961 bis zum Jahr 2012 simuliert werden.

NiedSim ist ein stochastischer Niederschlagsgenerator der vom Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart entwickelt wurde [2]. Es wird außer in Hessen in den Ländern Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Bayern betrieben. Die erste Version für Hessen wurde seit dem Jahr 2005 eingesetzt und ermöglichte es hochaufgelöste Niederschlagszeitreihen für den Zeitraum 1958 bis 2000 zu erzeugen. Diese Zeitreihen werden für Berechnungen in der

Stadthydrologie, beispielsweise von Kanalnetzen, bei der hydrologischen Modellierung kleiner Einzugsgebiete und für Berechnungen gemäß „Leitfaden zum Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen“ verwendet.

Da Niederschlag zeitlich und räumlich eine hohe Variabilität aufweist, ist eine Übertragbarkeit gemessener Niederschlagsdaten auf benachbarte Gebiete nicht immer zielführend. Liegen Messwerte vor, sind die Niederschlagsreihen meist nicht lang genug, sie weisen Lücken auf, liegen nicht in der gewünschten Auflösung vor oder sind möglicherweise fehlerbehaftet. Um dennoch für unterschiedliche Fragestellungen die erforderlichen Niederschlagsinformationen bereitstellen zu können wird in Hessen auf simulierte Niederschlagsreihen zurück gegriffen.

Datenbasis

Die Datenbasis der Version 2.2 bilden alle für die Niederschlagssimulationen vorhandenen Daten bis zum Jahr 2012. Hierzu gehören:

- Vorhandene Niederschlagsmessungen hessischer Messstationen (Zeitreihen hochaufgelöster Daten aus Ombrometer(Pluvio-)messungen, Stundenwerte aus Hellmann-Messungen),
- Niederschlagsmessungen von Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD),
- Digitalisierte Schreiberaufzeichnungen hessischer Schreiber,
- Zeitreihen angrenzender Bundesländer von Mess-

stationen, die nahe an Hessen liegen,

- Extremwertstatistische Auswertungen von Starkniederschlägen aus dem KOSTRA-Atlas des DWD, (KOSTRA: Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung) [3],
- Großwetterlagen, mit nassen und trockenen Perioden,
- Geländehöhen im digitalen Geländemodell in einer Rasterauflösung von 1 km.

Alle Werte sind abgelegt auf einem quadratischen Raster, das auf dem digitalen Geländemodell aufgebaut ist.

Zeitreihengenerator NiedSim

Der Zeitreihengenerator besteht aus zwei Komponenten (Abb. 1):

- Eine Datenbank enthält alle für die Generierung relevanten stochastischen Eigenschaften des Niederschlags in einer räumlichen Auflösung von 1 km x 1 km.
- Die zweite Komponente ist der Zeitgenerator, der aus einem Generierungsschema für Zeitreihen in Stundenauflösung und einem Programm zur Dis-

aggregation der Stundenwerte in Fünfminutenwerte besteht.

Zur Generierung der Zeitreihe wird vom Benutzer im HLOG über eine Oberfläche für einen beliebigen Punkt in Hessen der Rechts- und der Hochwert jeweils als Gauss-Krüger-Koordinaten eingegeben. NiedSim sucht dann den Mittelpunkt der entsprechenden 1-km x 1-km-Rasterzelle und startet die Berechnung.

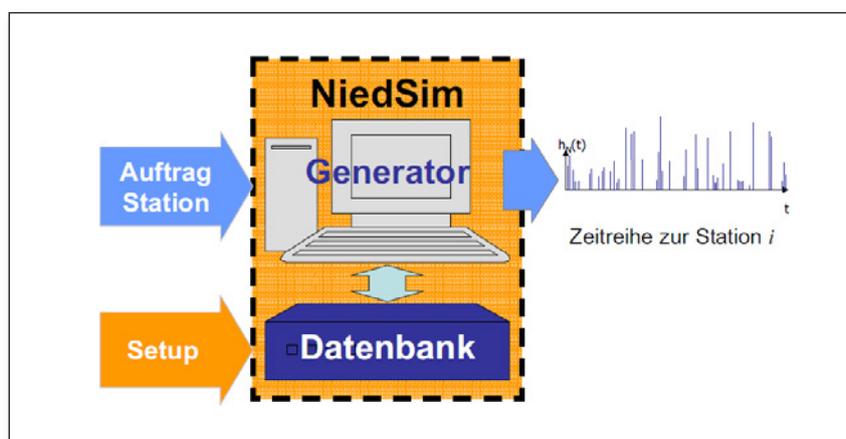


Abb. 1: Funktionsschema des Zeitreihengenerators NiedSim: blaue Pfeile zeigen die operationelle Anwendung; das 'Setup' wird bei der Systeminstallation durchgeführt [4].

Simulation der Niederschlagsreihen

Die Ermittlung einer Niederschlagsreihe erfolgt in NiedSim jahresweise.

Für die Simulation einer Niederschlagszeitreihe eines Punktes wird zunächst aus den monatlichen Niederschlägen der Datenbasis die Jahresniederschlagssumme errechnet. Hierfür wird ein räumliches Interpolationsverfahren angewendet, das sogenannte External-Drift-Kriging-Verfahren. Dies ist ein stochastisches Schätzverfahren, bei dem für einen vorgegeben Ort ein unbekannter Wert in Abhängigkeit von bekannten Werten an Nachbarorten ermittelt wird. Beim Programm NiedSim geht zusätzlich die Geländehöhe als externe raumdeckend bekannte Information ein, lokal unterschiedliche Trends werden als Driftvariable berücksichtigt.

Die Jahresniederschlagssumme wird als Grundlage für die Simulation genutzt. In einem **ersten Schritt** wird eine Zeitreihe mit Stundenwerten simuliert. Dazu werden mit statistischen Verfahren jährliche Zeitreihen ermittelt, die bereits die richtigen Niederschlagsmengen und -verteilungen für den gewählten Ort besitzen. Um den zeitlichen Zusammenhang herzustellen, wird die Zeitreihe in einem Simulated Annealing Algorithmus unter Berücksichtigung der statistischen Parameter optimiert. In einem **zweiten Schritt** wird die stündliche Zeitreihe zu einer 5-Minutenzeitreihen disaggregiert. Hierzu wird wiederum ein Simulated Annealing Algorithmus angewendet [4].

Eigenschaften der erzeugten Reihen

Die erzeugten synthetischen Niederschlagszeitreihen weisen folgende Eigenschaften auf:

- Die statistischen Kennwerte für den jeweiligen Standort sind realistisch und stimmen mit denen der Messwerte nahe gelegener Stationen überein.
- Relevante Eigenschaften des tatsächlichen Niederschlags, wie Ablauf der Niederschlagsereignisse und die jahreszeitlichen Schwankungen der Niederschlagscharakteristika werden zutreffend dargestellt.
- Extreme stimmen mit Extremen der regionalen Niederschlagsextremwertanalyse (KOSTRA) überein.

- Die erzeugten synthetischen Niederschlagszeitreihen entsprechen keinem tatsächlichen oder historischen Niederschlagsverlauf.

Die 5-Minutenzeitreihen können für Hessen in verschiedenen Ausgabeformaten zur Verfügung gestellt werden:

- MD-Format,
- SMUSI-Format,
- UVF-Format
- ZRX-Format

Änderungen gegenüber der Version 1

Die Datenbasis wurde erweitert, Niederschlagsdaten bis zum Jahr 2012 stehen nun als Datengrundlage zur Verfügung. Deshalb können nun Zeitreihen bis zum Jahr 2012 simuliert werden.

In der vorigen Version wurde NiedSim über eine grafische Benutzeroberfläche der ArcView3-Serie gesteuert. Da dieses Programm nicht mehr aktualisiert wird und außerdem auf neueren Rechnern nicht betrieben werden kann, wird das Programm nun über eine grafische Benutzeroberfläche der Open-Source-Software Python gestartet (Abb. 2). Die berechneten Zeitreihen werden wie in der Version 1 in entsprechenden Ordnern abgelegt.

Neu ist die Erstellung einer Übersichtsdatei im Excel-Format (control_view), in der alle Rechenläufe zusammenfassend aufgelistet sind. Für jeden Rechenlauf sind hier das Datum der Rechnung, die berechneten Ausgabeformate sowie die Rechts- und Hochwerte für die Punkte der berechneten Zeitreihen aufgelistet.

Erweitert wurde die Version 2.2 durch den Teil Niederschlag-Extremwertstatistik (NiedEx). Ausgegeben werden zwei Dateien. Die Datei KOSTRA_NiedSim zeigt eine Tabelle für die Bemessungsniederschlagshöhen für den gewählten Gitterpunkt analog zu KOSTRA. Diese enthält die regionalisierten KOSTRA-

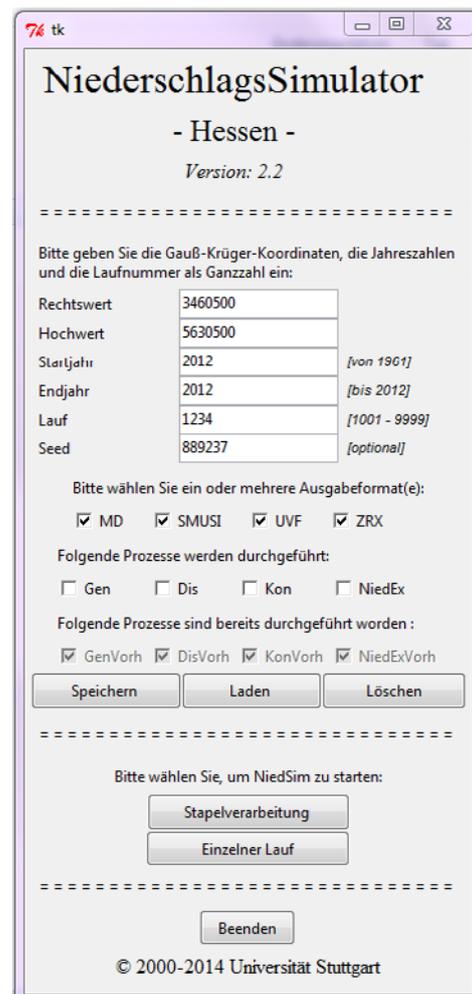


Abb. 2: Grafische Benutzeroberfläche.

Daten. Die Datei NiedSim_Auswertung stellt die Starkregenauswertung der NiedSim-Zeitreihen nach KOSTRA dar. Die Tabellen und Grafiken dieser Datei zeigen die jährliche und die partielle Niederschlagsreihe der simulierten Zeitreihe, sowie der KOSTRA Eingangswerte in NiedSim als Referenz aufgelistet und die absoluten und relativen Abweichungen zwischen simulierter Reihe und KOSTRA-Referenzwerte (1951–2000) für verschiedenen Dauerstufen und Wiederkehrzeiten (1 Jahr, 10 Jahre und 20 Jahre) (Beispiel Abb. 3).

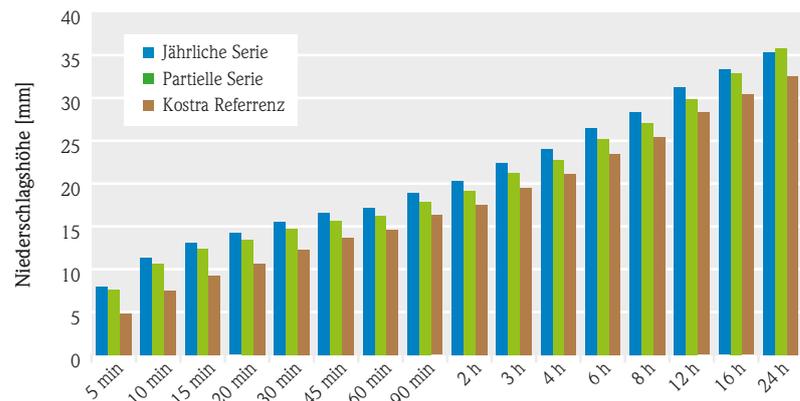


Abb. 3: Beispiel für die Darstellung absoluter und relativer Abweichungen zwischen simulierter Reihe und KOSTRA-Referenzwerte für verschiedene Dauerstufen, Wiederkehrzeit 1 Jahr.

Weitere Entwicklungen

Einsatz für Schmutzfrachtberechnungen

Die relevanten Eigenschaften der Regenreihen können für verschiedene Aufgabengebiete unterschiedlich sein. Beispielweise ist für die Kanalnetzmodellierung das Verhalten bei Starkregenereignissen von Bedeutung, wohingegen in der Schmutzfrachtberechnung auch kleine und mittlere Ereignisse wichtig sein können.

Während NiedSim-Daten bei der Anwendung von Kanalnetzberechnungen zu brauchbaren Ergebnissen führen, zeigen sich bei der Schmutzfrachtberechnung erhebliche Abweichungen in der Entlastungscharakteristik gegenüber den Ergebnissen aus Berechnungen mit Messdaten. Die berechneten Entlastungskenngrößen weichen deutlich von den Ergebnissen der Simulation mit gemessenen Niederschlagsreihen ab.

Die Ursachen dieser Abweichungen wurden untersucht. Demnach erzeugte die Generierung zu kurze Nass- und Trockenperioden. Außerdem traten größere Niederschlagswerte zu dicht aufeinanderfolgend auf. Lösungsansätze sehen vor, die Verteilungen der Nass- und Trockenperioden als neue Optimierungs-

parameter aufzunehmen. Außerdem werden in der Optimierung der zeitlichen Abfolge größere Niederschlagswerte in einem Poisson-Prozess fest in der Zeitreihe positioniert. Durch diese beiden Maßnahmen können die synthetischen Niederschlagszeitreihen in Bezug auf das Entlastungsverhalten entscheidend verbessert werden [5].

Multiside Simulationen

In der bislang vorliegenden NIEDSIM-Version werden Zeitreihen für einzelne räumliche Raster isoliert simuliert. Für die Verwendung mehrerer Zeitreihen zur Simulation größerer Einzugsgebiete sind allerdings gekoppelte Simulationszeitreihen erforderlich, die ein Gebietsniederschlagsverhalten abbilden können. Mit Multiside Simulationen soll die Betrachtung der Abhängigkeit mehrerer Zeitreihen untereinander ermöglicht werden. Hierfür sind allerdings große Rechnerkapazitäten und lange Rechenzeiten erforderlich, was zurzeit noch zu Problemen führt. Deshalb sollen in einer ersten Phase Multiside-Simulationen nur für ausgewählte Städte oder Regionen durchgeführt werden. Da sich die Arbeiten für diese Weiterentwicklungen noch in der Anfangsphase befinden, liegen noch keine Ergebnisse hierzu vor.

Literatur

- [1] MÜLLER, T., MOSTHAF, T. & BÁRDOSSY, A. & SEIDEL J., (Mai 2014): Handbuch Niederschlags-Simulator, Version 2.2, Universität Stuttgart-IWS, Lehrstuhl für Hydrologie und Geohydrologie, Stuttgart.
- [2] BROMMUNDT, J. & BÁRDOSSY, A. (Mai 2005):. Nied-Sim HeRP-flächendeckender stochastischer Niederschlagszeitreihen Simulator für Hessen und Rheinland-Pfalz, Projektdokumentation, Stuttgart.
- [3] BARTELS., H., DIETZER, B., MALITZ, G., ALBRECHT, F.M., & GUTTENBERGER. ,J. (2005): Offenbach am Main KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951–2000) - Fortschreibungsbericht.
- [4] BROMMUNDT, J. (2008): Stochastische Generierung räumlich zusammenhängender Niederschlagszeitreihen, Von der Fakultät Bau- und Umweltingenieurwissenschaften der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung, Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart, Heft 170.
- [5] MÜLLER, T., DITTMER, U. & BÁRDOSSY, A. (2014): Generierung von synthetischen Niederschlagszeitreihen für die Schmutzfrachtsimulation, Aqua Urbanica Innsbruck.

