

Die Niedrigwassersituation im Neckareinzugsgebiet

J. Göttinger, I. Klein und A. Bárdossy

Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

Methodik:

Niedrigwasserabflüsse können einschneidende Extremsituationen nach langer Trockenheit oder Hitzeperioden sein, die entscheidenden Einfluss auf die Ökologie (Temperatur, Wasserqualität und –menge) und Nutzung (Wasserkraft, Kühlwasser, Schifffahrt) der Gewässer haben. Die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse der Vergangenheit wird anhand der Jahreswerte der niedrigsten gleitenden fünftägigen Mittel von 1970 bis 2000 abgeschätzt. Dem gegenüber gestellt wird eine Simulation der gleichen Zeitspanne mit den hydrologischen Modellen HBV und LARSIM basierend auf Klimadaten des globalen Klimamodells ECHAM 4. Die meteorologischen Eingangsdaten Niederschlag und Temperatur wurden auf Stationen im Einzugsgebiet disaggregiert und anschließend mit external drift kriging auf ein km-Raster interpoliert (Bárdossy und Plate, 1992; Stehlík und Bárdossy, 2002). Dieser Kontrolllauf wird verglichen mit Ergebnissen der Simulation eines Klimaszenarios der Jahre 2001 bis 2031 um mögliche zu erwartende Änderungen in der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Niedrigwasser zu identifizieren.

Die hydrologischen Modelle HBV und LARSIM:

Das HBV Modellkonzept wurde in den siebziger Jahren vom Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) entwickelt (Bergström, 1995). Es ist ein konzeptionelles Wasserhaushaltsmodell mit Routinen für die Berechnung der Schneeakkumulation und –schmelze, Bodenfeuchte, Abflussbildung, Abflusskonzentration im Einzugsgebiet und Retention im Gewässernetz. Die Schneeschmelze wird nach dem Tag-Grad-Verfahren berechnet. Der Bodenwasserhaushalt wird durch Bilanzierung des Niederschlags und der Evapotranspiration anhand des permanenten Welkepunkts und der Feldkapazität bestimmt. Die Abflussbildung folgt einer nichtlinearen Funktion der aktuellen Bodenfeuchte und des Niederschlagsinputs. Die Abflusskonzentration wird durch zwei parallele nichtlineare Gebietsspeicher beschrieben, die den Direktabfluss und den Basisabfluss repräsentieren. Die Retention im Gewässernetz wird mit der Muskingum Methode berechnet. Weitere Informationen über das HBV Modell sind zu finden bei Göttinger und Bárdossy (2006) und Göttinger et al. (2006).

Die für diese Studie verwendete Version unterscheidet sich von den in der Literatur beschriebenen durch die räumliche Diskretisierung der Prozesse. Wie die Eingangsdaten auch werden der Bodenwasserhaushalt, die Abflussbildung und der Direktabfluss für ein Raster der Auflösung ein km berechnet (Abbildung 1).

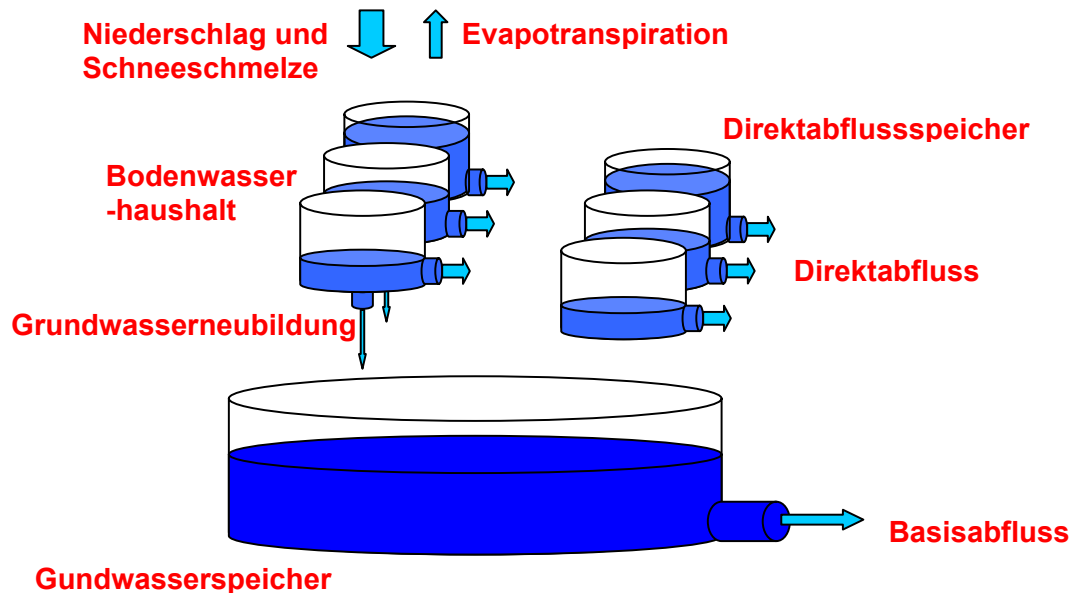


Abbildung 1: Diskretisierung der Prozessbeschreibung in HBV

Im Modell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) werden bei einer rasterbasierten Flächenauflösung von 1 x 1 km u. a. folgende hydrologische Teilprozesse beschrieben: vegetationspezifische Interzeption, Verdunstung (Penman-Monteith), Schneeakkumulation, -kompaktion und -schmelze (Knauf), Bodenwasserspeicherung (Xinanjiang-Verfahren), Speicherung und lateraler Wassertransport in der Fläche sowie Translation und Retention in Gerinnen und Seen (s. LARSIM-Modellschema, Abbildung 2). Hinzu kommen Verfahren zur Korrektur und Umrechnung meteorologischer Messgrößen. Detaillierte Informationen zu den Modellgrundlagen von LARSIM und Modellanwendungen auf verschiedenen Raumskalen enthält Bremicker (2000). Das Modell LARSIM wird in Baden-Württemberg und anderen Bundesländern auch für die operationelle Hochwasservorhersage eingesetzt. Das hier eingesetzte Wasserhaushaltsmodell Neckar wurde von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz zur Verfügung gestellt.

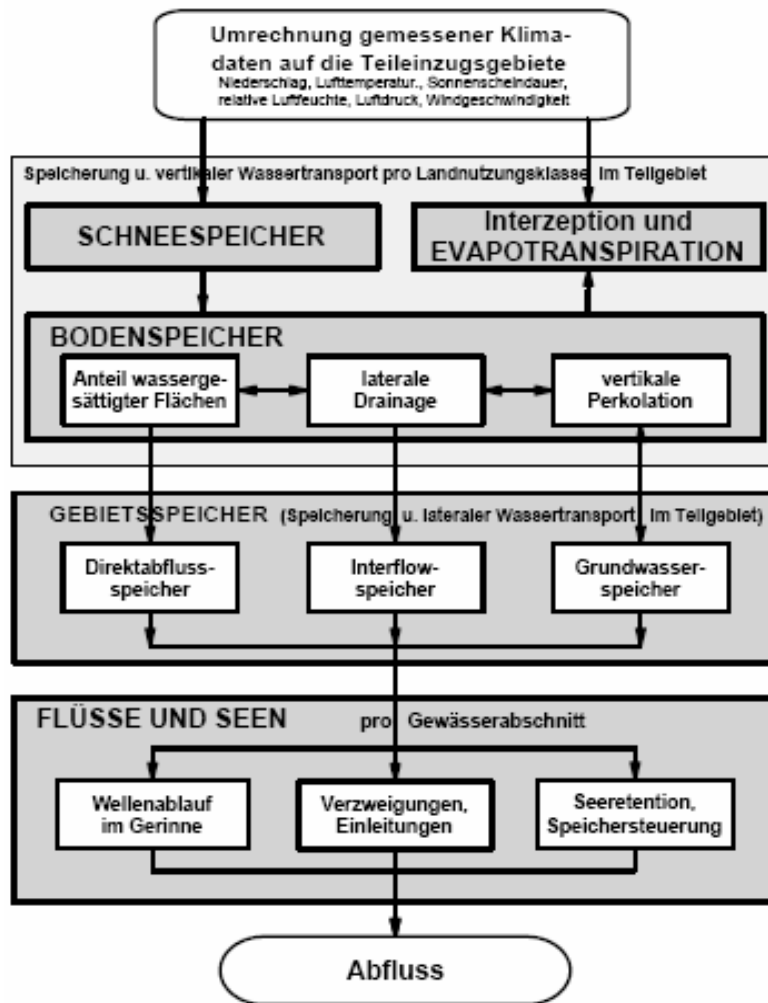


Abbildung 2: LARSIM Prozessbeschreibung und Modellschema (aus Bremicker, 2000)

Ergebnisse:

Anhand ausgewählter Pegel des Einzugsgebiets soll die mögliche zukünftige Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse im Neckareinzugsgebiet aufgezeigt werden. Anthropogene Einflüsse wie die Überleitung aus dem Donau- und Rheingebiet durch die Fernwasserversorgung sowie die Stauregelung des unteren Neckars sollen nach Möglichkeit ausgeschlossen werden (LfU, 2004). Diese Beeinflussung führt dazu, dass die Niedrigwasserabflüsse im unteren Neckar im Allgemeinen im Zeitraum 1970 bis 2000 eine leicht ansteigende Tendenz aufweisen.

Sowohl bei den beobachteten Werten als auch bei den Ergebnissen der beiden Simulationen ist eine hohe Variabilität zu erkennen, woraus sich schließen lässt, dass die Modelle die natürlichen Schwankungen gut wiedergeben (Abbildung 3).

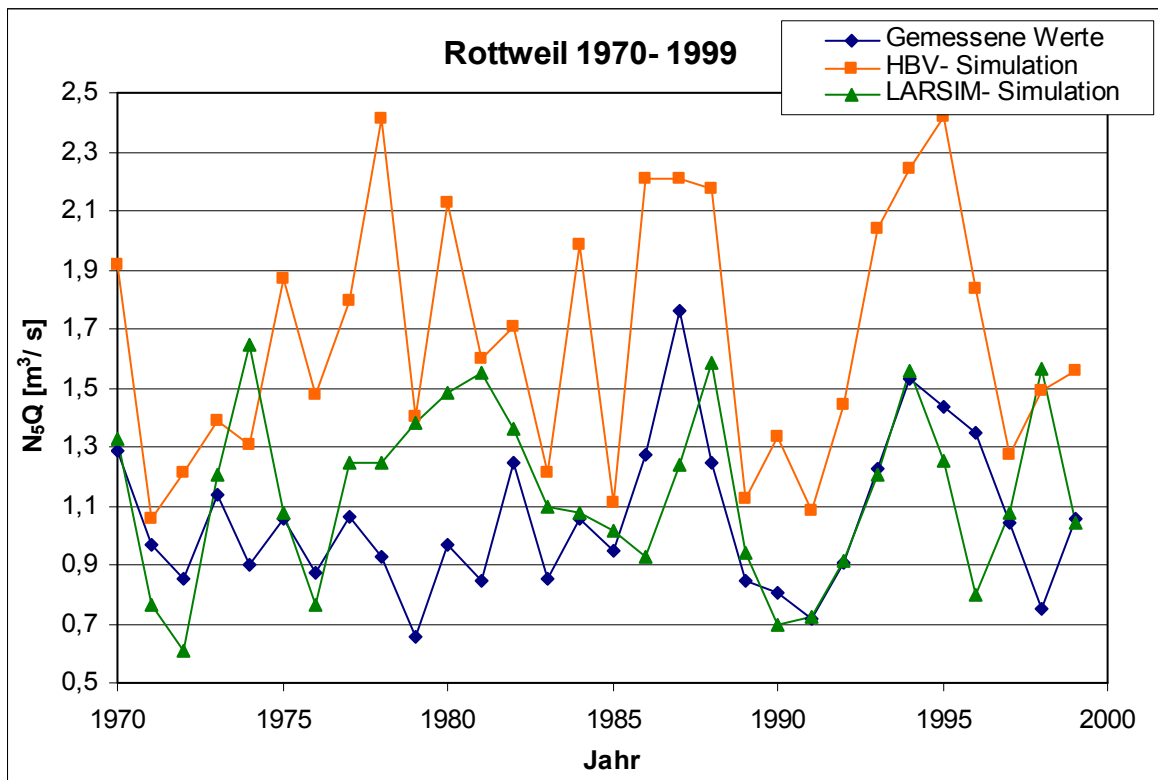


Abbildung 3: Niedrigstes gleitendes fünftägiges Mittel der Jahre 1970 bis 1999. Vergleich gemessener Daten mit der Simulation des gleichen Zeitraums mit HBV und LARSIM anhand von Niederschlags- und Temperaturdaten des Klimamodells (Kontrolllauf).

Damit können sie eingesetzt werden, um die mögliche zukünftige Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse abzuschätzen, indem Niederschlag und Temperatur aus Klimaszenarien als Eingangsdaten verwendet werden. Zwischen den Niederschlagsdaten aus dem Klimaszenario und den damit simulierten Jahresminima der gleitenden 5- tägigen Mittel ist ein Zusammenhang erkennbar. Zu beobachten ist in beiden Fällen ein rückläufiger Trend, die mit der Zeit abnehmenden Jahressummen der Niederschläge führen also zu ebenfalls abnehmenden N_5Q , und folglich auch zu abnehmenden minimalen Wasserständen (Abbildung 4).

Im Unterschied zum Kontrolllauf, der keine systematische Veränderung der Niedrigwasser aufweist, gehen die Minimalabflüsse in vielen Teilen des Einzugsgebiets genau wie die Niederschläge im Klimaszenario zurück, wie für die Brettach in Neuenstadt exemplarisch dargestellt (Abbildung 5).

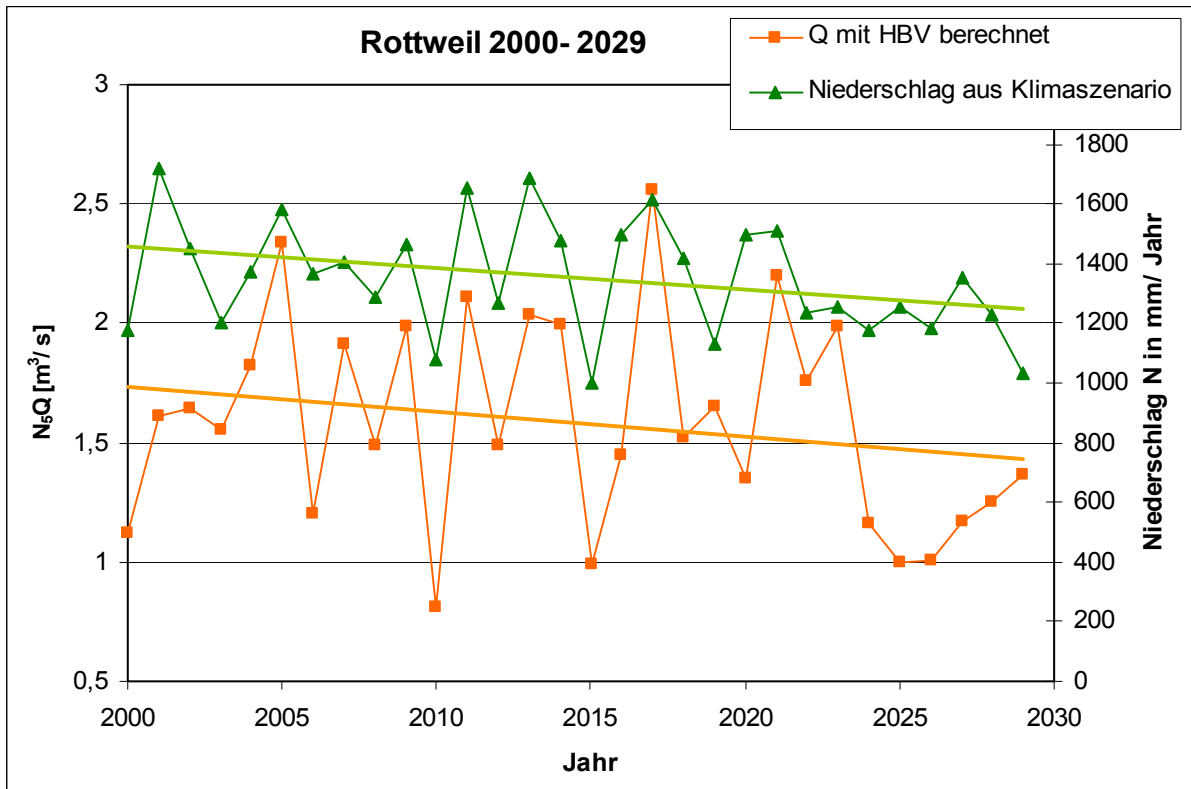


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Niederschläge aus dem Klimaszenario und den damit simulierten Ergebnissen in HBV.

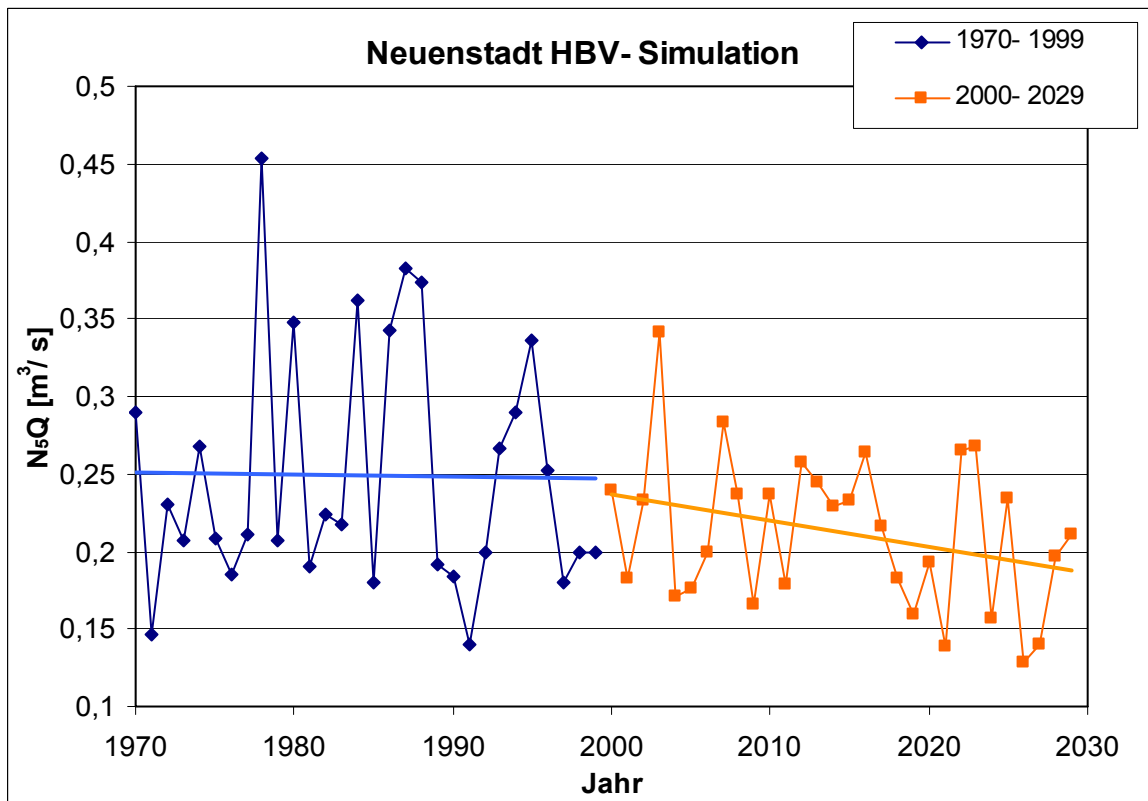


Abbildung 5: Jahresminima der gleitenden 5- tägigen Mittelwerte und die dazugehörigen Trends von Kontrolllauf und Szenario am Pegel Neuenstadt (Brettach), simuliert mit HBV.

Der Pegel Rockenau liegt am unteren Neckar und stellt somit in etwa die Gesamtsituation des Einzugsgebiets dar. Die Simulation mit HBV ergibt zwei sehr unterschiedliche Trends für Kontrolllauf und Szenario. Die Grafik zeigt einen zunehmenden Trend bis zum Jahr 2000, während die Simulation für die folgenden 30 Jahre eine abnehmende Trendlinie ergibt (Abbildung 6).

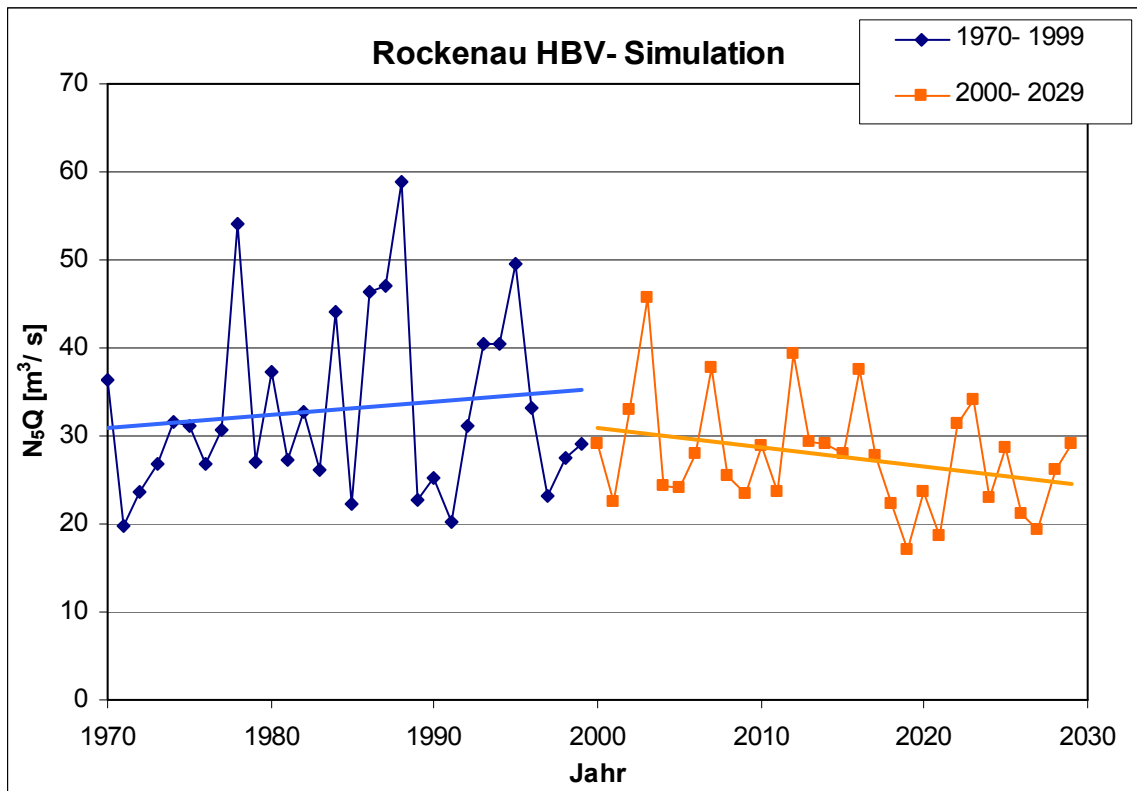


Abbildung 6: Jahresminima der gleitenden 5- tägigen Mittelwerte und die dazugehörigen Trends von Kontrolllauf und Szenario am Pegel Rockenau (unterer Neckar), simuliert mit HBV

Die Simulationen mit LARSIM bestätigen diese Ergebnisse. Auch hier zeigt sich, dass, im Gegensatz zu den Jahren 1970- 1999, für die Zukunft ein abnehmender Trend zu erwarten ist (Abbildung 7).

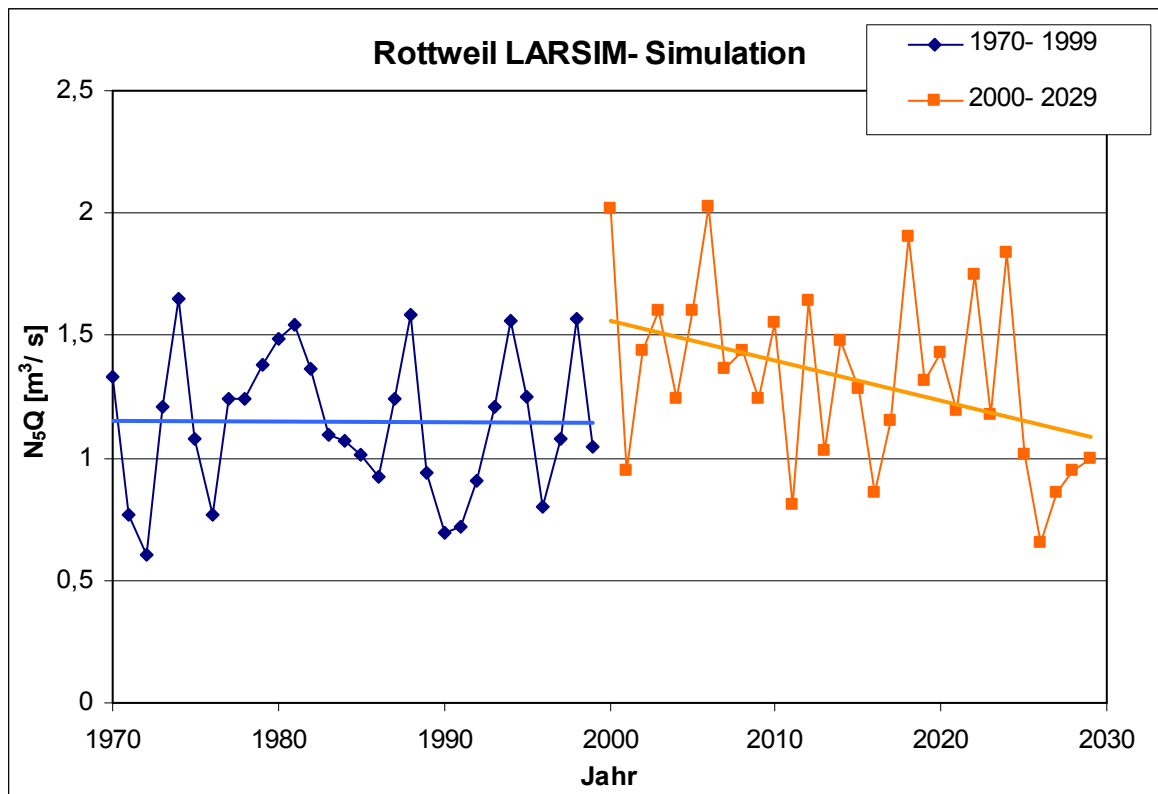


Abbildung 7: Jahresminima der gleitenden 5- tägigen Mittelwerte und die dazugehörigen Trends von Kontrolllauf und Szenario am Pegel Rottweil (oberer Neckar), simuliert in LARSIM

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse der Szenarien zeigen deutlich einen abnehmenden Trend der Niedrigwasserabflüsse bis zum Jahr 2030. Als Eingangsdaten für die Simulationen wurden jedoch ausschließlich Klimadaten verwendet, anthropogene Einflüsse wie Einleitungen der öffentlichen Wasserversorgung und Fernwassereinleitung wurden nicht berücksichtigt, da für diese keine Annahmen getroffen werden können. Die MNQ- Werte an den Pegeln des Neckareinzugsgebiets bestehen in einigen Regionen bis zu über 50% aus Einleitungen der öffentlichen Wasserversorgung (LfU, 2001). Dieser Prozentwert zeigt starke regionale Schwankungen, welche von der Besiedlungsdichte und den Gewohnheiten der Verbraucher und der Industrie abhängen. In den vergangenen 30 Jahren führte das zu einer leicht ansteigenden Tendenz der Niedrigwasserabflüsse. Die Entwicklung dieser Gewohnheiten hat also einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Niedrigwasserabflüsse. Wenn der Wasserverbrauch in der Zukunft sinkt, sind stärker abfallende Tendenzen zu erwarten und die Situation muss als kritisch angesehen werden. Wenn der Wasserverbrauch in den nächsten Jahren zunimmt, führt das zu einer Abschwächung der simulierten abfallenden Trendlinien, und die Niedrigwasserstände würden nicht so stark sinken wie es aus den Szenarien zu erwarten wäre.

Quellennachweis:

Bárdossy, A., Plate, E., 1992: Space – Time Model for Daily Rainfall Using Atmospheric Circulation Patterns. Water Resources Research, Vol. 28, Nr. 5, S. 1247-1259.

- Bergström, S., 1995: The HBV Model. In: Singh, V. (Ed.), Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Pub., S. 443–476.
- Bremicker M. (2000): Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Institut für Hydrologie, Universität Freiburg, Band 11.
- Götzinger, J. und A. Bárdossy: Comparison of four regionalisation methods for a distributed hydrological model. Elsevier Science Publishers B.V., 2006. - Journal of Hydrology, im Druck.
- Götzinger, J., Jagelke, J., Barthel, R. und A. Bárdossy: Integration of water balance models in RIVERTWIN. 9. Workshop on Large-scale Hydrological Modelling (10. - 11. November 2005, Freudenstadt), Advances in Geosciences, Institut für Wasserbau, 2006. - Nr.: 9 - Seiten: 85-91
- LfU, 2001: Beeinflussung der Wasserführung im Neckareinzugsgebiet durch Wasserüberleitungen. Siedlungswasserwirtschaft, Band 18, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- LfU, 2004: Das Niedrigwasserjahr 2003. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie, Band 85, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Stehlik, J., Bárdossy, A., 2002: Multivariate stochastic downscaling model for generating daily precipitation series based on atmospheric circulation. Journal of Hydrology, 256, S. 120-141.