

Wasserhaushaltsmodellierung in M-V: Möglichkeiten des modellgestützten Wassermengenmanagements

Wolfgang Klehr

Landesamt für Umwelt Naturschutz und Geologie M-V

Güstrow, 25.10.2023

Gliederung

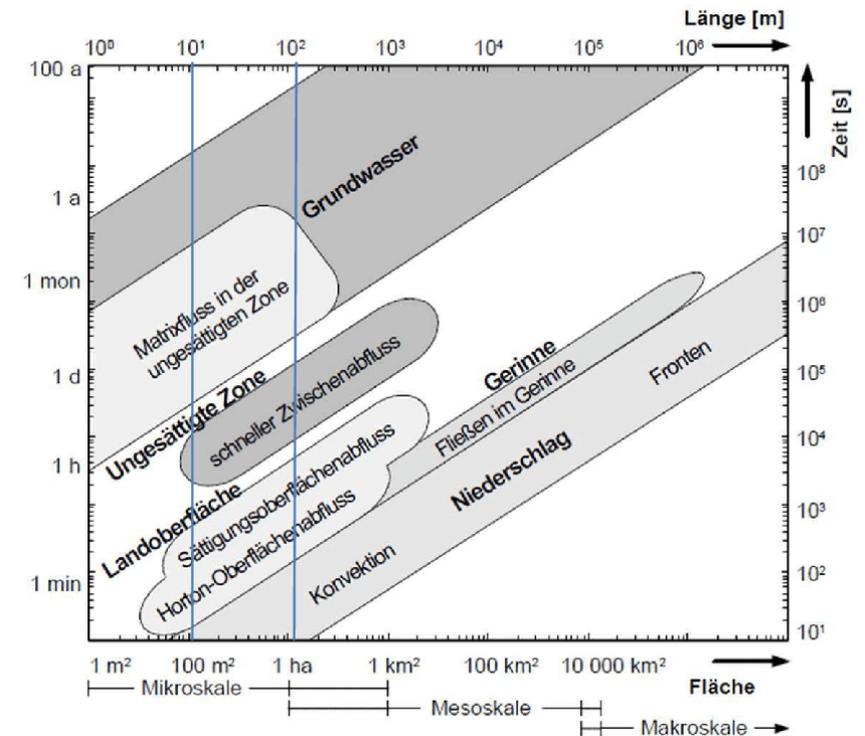
1. Was ist hydrologische Modellierung?
2. Wie wird ein hydrologisches Modell aufgebaut?
3. Welche Ergebnisse können aus dem Modell erhalten werden?
4. Fazit und Ausblick

Was ist hydrologische Modellierung?

- Formulierung des konzeptionellen Modells
 - Enthält die wesentlichen Zusammenhänge

Unter Berücksichtigung von:

- Definition System (Skala)
- Zweck der Modellierung
- Vermeidung von übertriebenem Trennen oder Zusammenfassen von Prozessen



Charakteristische Raum- und Zeitskalen hydrologischer Prozesse [Prozessskalen nach (Blöschl & Sivapalan, 1995) ; Angabe der hydrologischen Raumskala nach (Plate, 1992); Darstellung nach (Gattke, 2006)]

Warum erfordert zukunftsfähige Wasserbewirtschaftung hydrologische Modelle?

- fundamentale Probleme hydrologischer Systeme:
 - ober- und unterirdische Prozesse ohne direkte Beobachtung /Messung
- Muster der Wasserbewegung im Boden ist komplex und stark nichtlinear
- Vielzahl an Steuerfaktoren
- geringe Kenntnis über zeitliche und räumliche Variabilität
- Skalenproblem: Überlagerung von Prozessen in Raum und Zeit, Messtechnik nur für bestimmte Skalen geeignet => lückenhafte Datenbasis

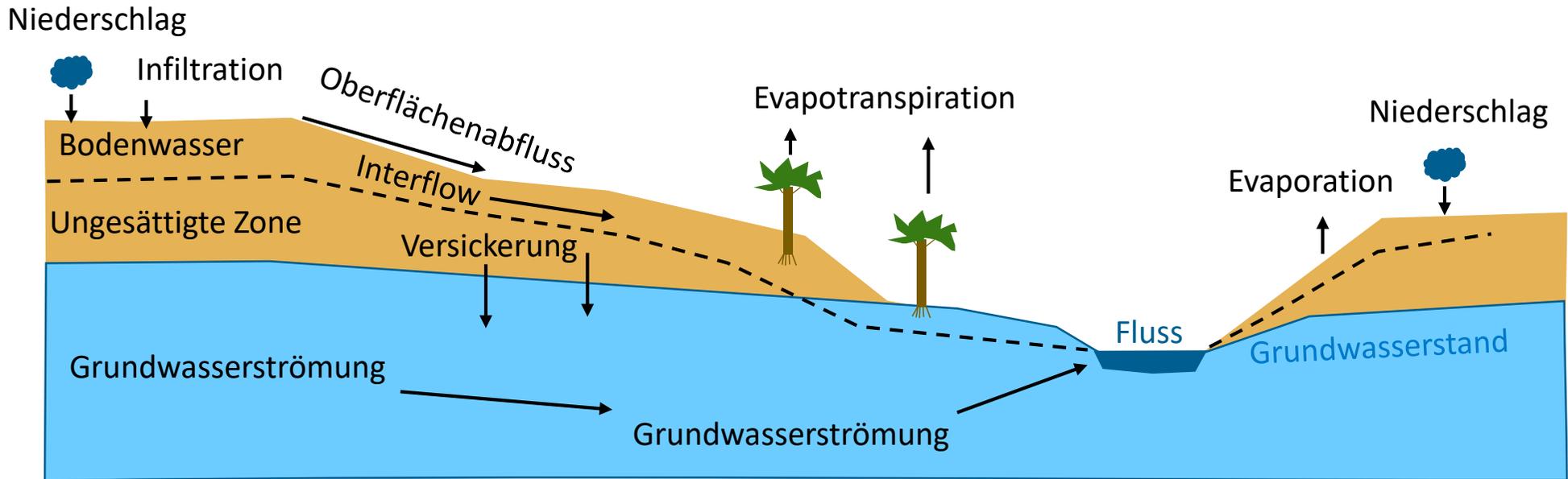
Modelle verwenden, um:

- Methode um Messergebnisse zu extrapolieren, da Messungen nur begrenzt möglich
- Entscheidungsunterstützung
- Visualisierung komplexer Vorgänge für die Öffentlichkeit

Warum ist hydrologische Modellierung erforderlich?

- Ermittlung der Wasserhaushaltskomponenten beobachteten/unbeobachteten Gebieten
- kleinräumige Schließung der Wasserbilanz
- Schaffung oberer Randbedingung für Grundwassermodelle
- Pilot für Kopplung mit dem Grundwassermodell
- modellgestützte Prüfung hydrologischer Kenngrößen
- Entscheidungsunterstützung Grundwasser- und Oberflächenwasserentnahmen
- Fachgrundlage für robusteren Oberflächenwasser- und Grundwasserschutz

Hintergrund: Wasserhaushaltsmodellierung



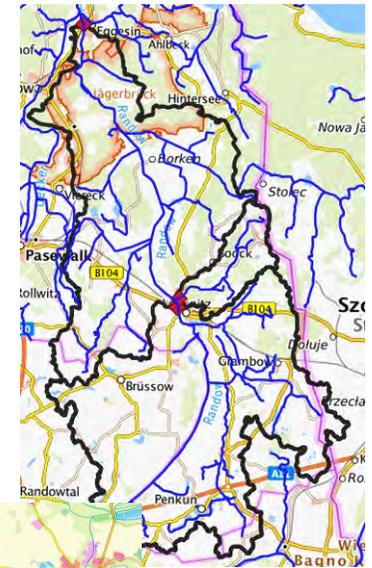
Niederschlag + Zufluss

=

Evapotranspiration (Verdunstung) + Abfluss + Speicheränderung (Rücklage - Verbrauch)

Vorgehensweise zur Wasserhaushaltmodellierung in M-V

- Wahl von Pilotgebieten auf Grundlage der klimatischen Wasserbilanz
- Auswahl des Modellierungsprogramms
- Aufbau von Modellen in den Pilotgebieten Datze und Randow
- Sammlung Expertise, Testen der gewählten Programme und Ansätze etc.
- Grundlage für die Ermittlung einer Landeskulisse durch Vergabe basierend auf Erkenntnissen aus den Modellierungen der Pilotgebieten



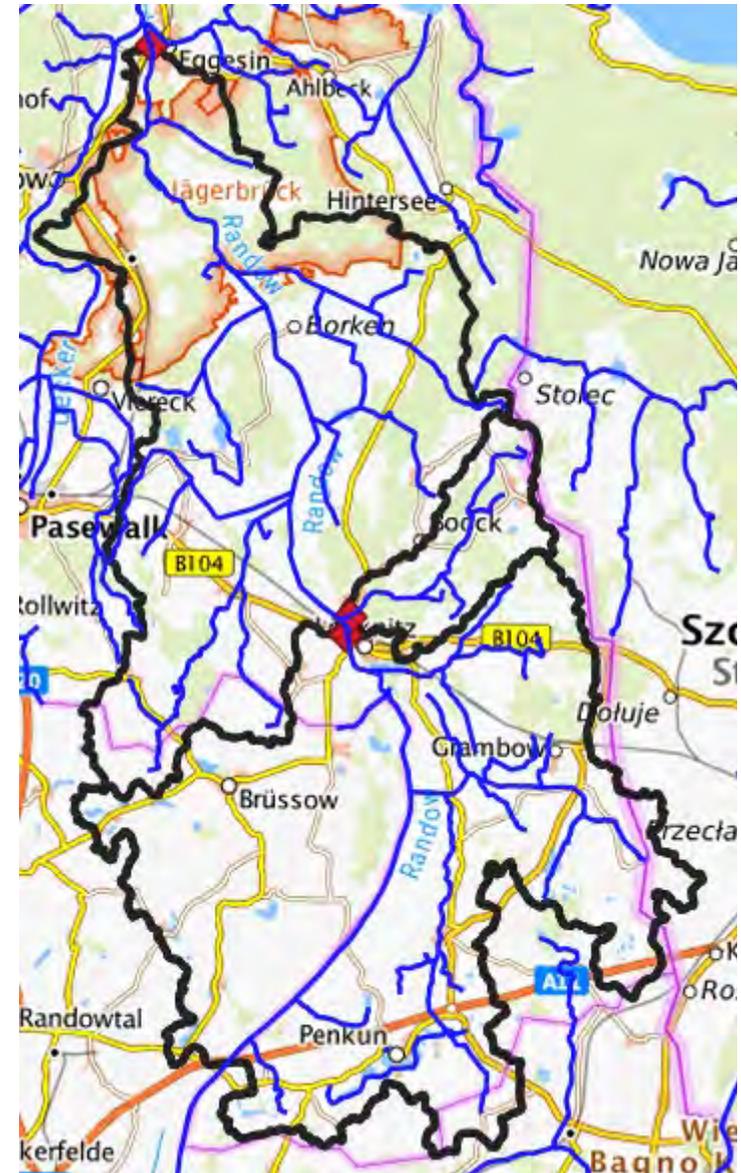
Quelle: BKG TopPlus

Pilotgebiet Randow

Einzugsgebiet der Randow bis zum Pegel Eggesin

Eigenschaften:

- Einzugsgebietsgröße: 714,018 km²
- überwiegend landwirtschaftlich genutzt
- **negative Wasserbilanz** (Auswahlkriterium)
- hochaufgelöste Zeitreihen liegen für aktuelle Klimaperiode (1991-2020) Wasserstand/Durchfluss vor
- geringer Grundwasserflurabstand (evtl. Speisung der Verdunstung aus dem Grundwasser)

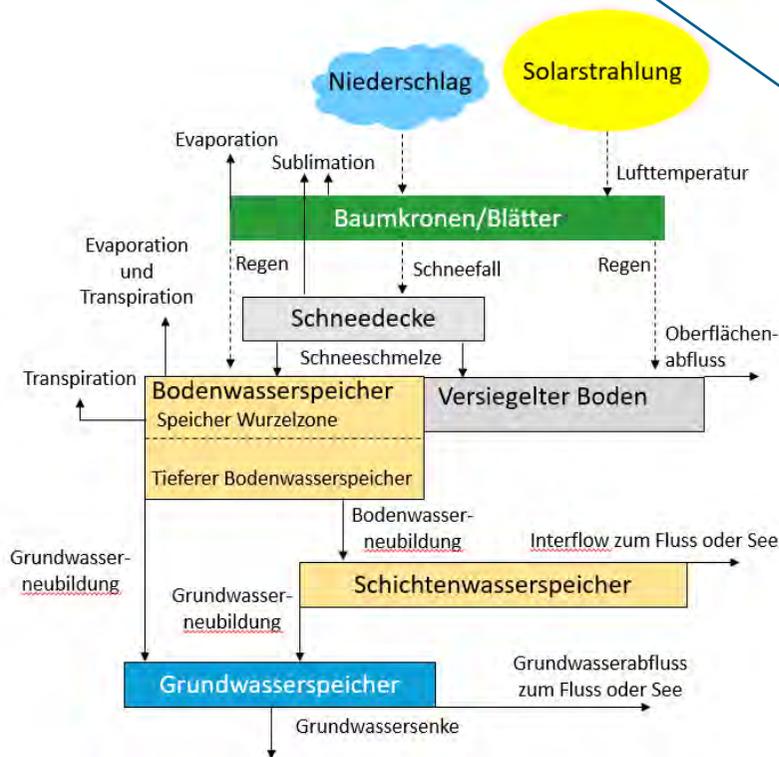


Quelle: BKG TopPlus

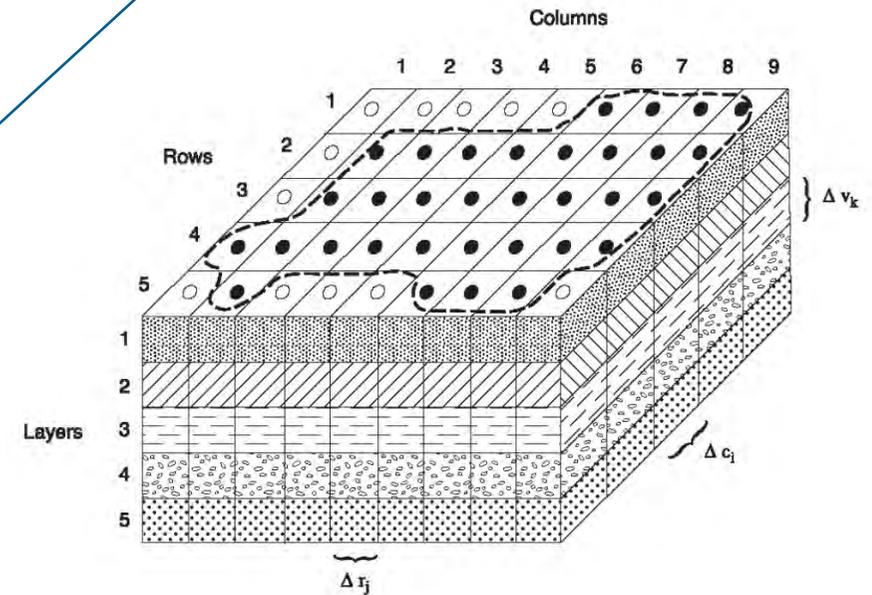
Wasserhaushaltsmodell: Modellierungsprogramm

Hydrologisches Modell
PRMS

Hydrogeologisches Modell
Modflow

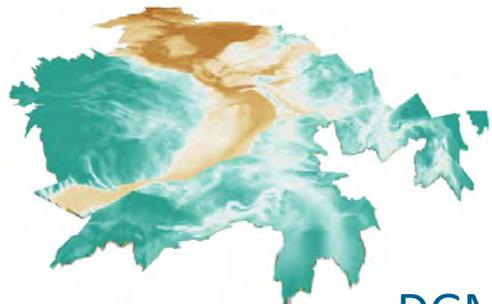


Gekoppeltes Modell
GSFLOW

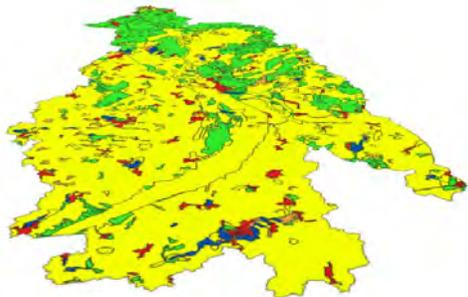


© Quelle: Harbough (2005)

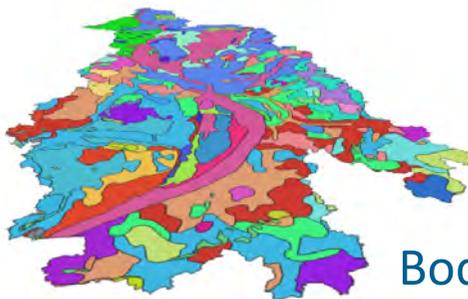
Aufbau eines hydrologischen Modell (PRMS) - Input



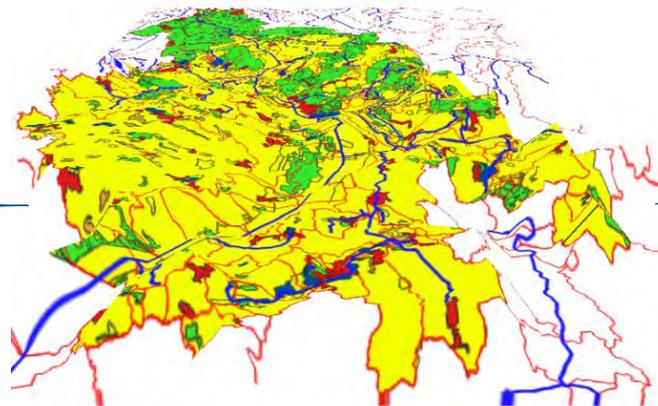
DGM



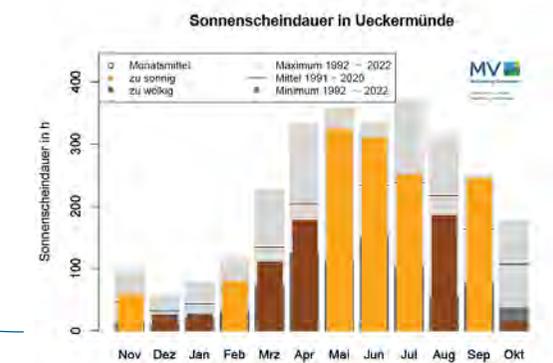
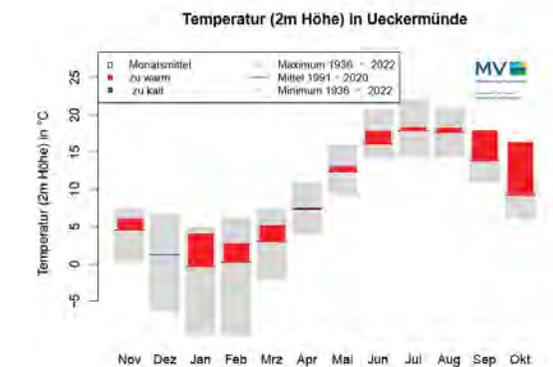
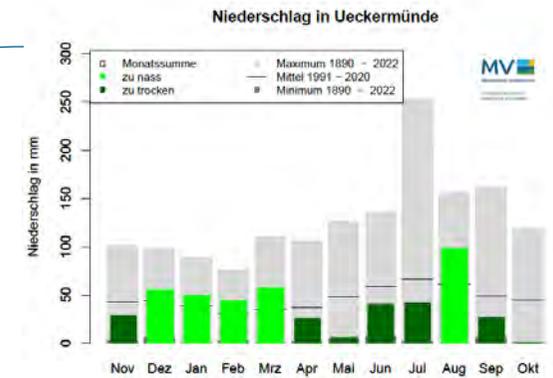
Landnutzung



Boden



Datenquellen: DGM LAIV-MV,
BÜK200 BGR, Corine Copernicus, DWD CDC



Bewertung der Modellgüte

Quantifizierung der Anpassungsgüte des Modells (beobachtet vs. modelliert) mittels des Gütekriteriums NSE (Nash-Suttcliffe-Efficiency)

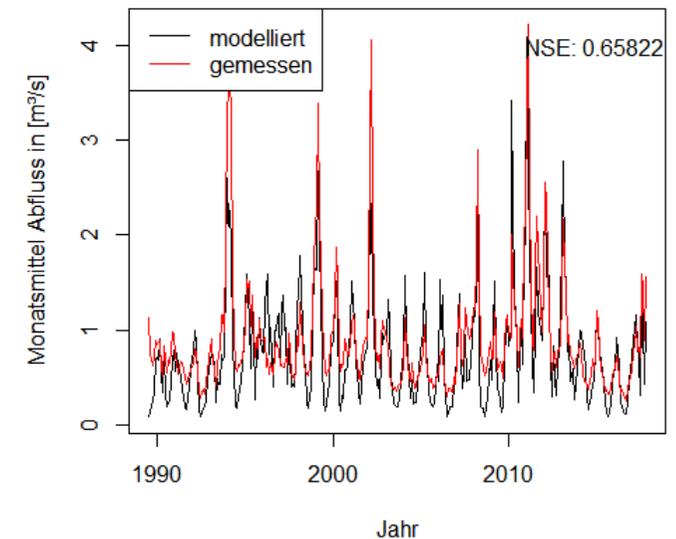
Formel:
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}$$

Perfekte Anpassung $NSE = 1$

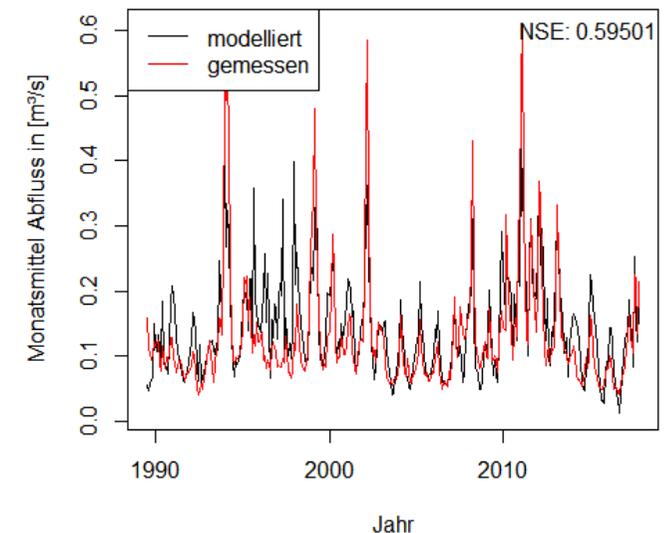
Besser als der Mittelwert $NSE > 0$

Schlechter als der Mittelwert $NSE < 0$

Monatsmittel Pegel Löcknitz Eisenbahnbrücke

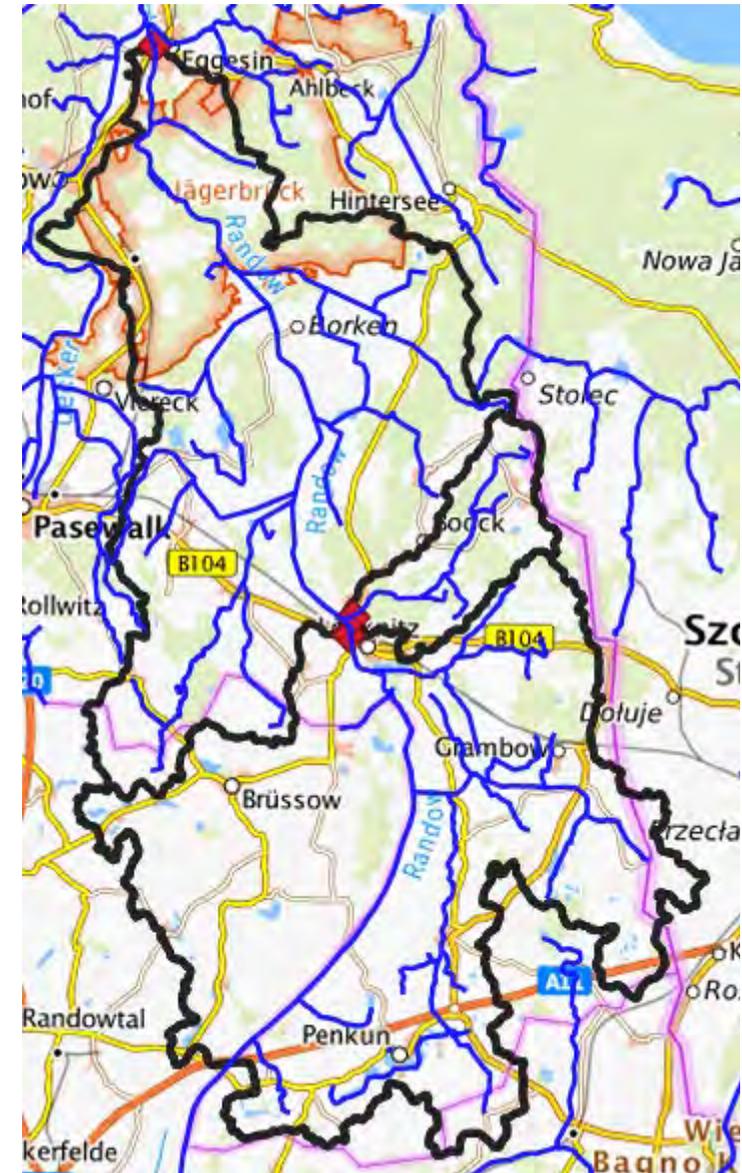
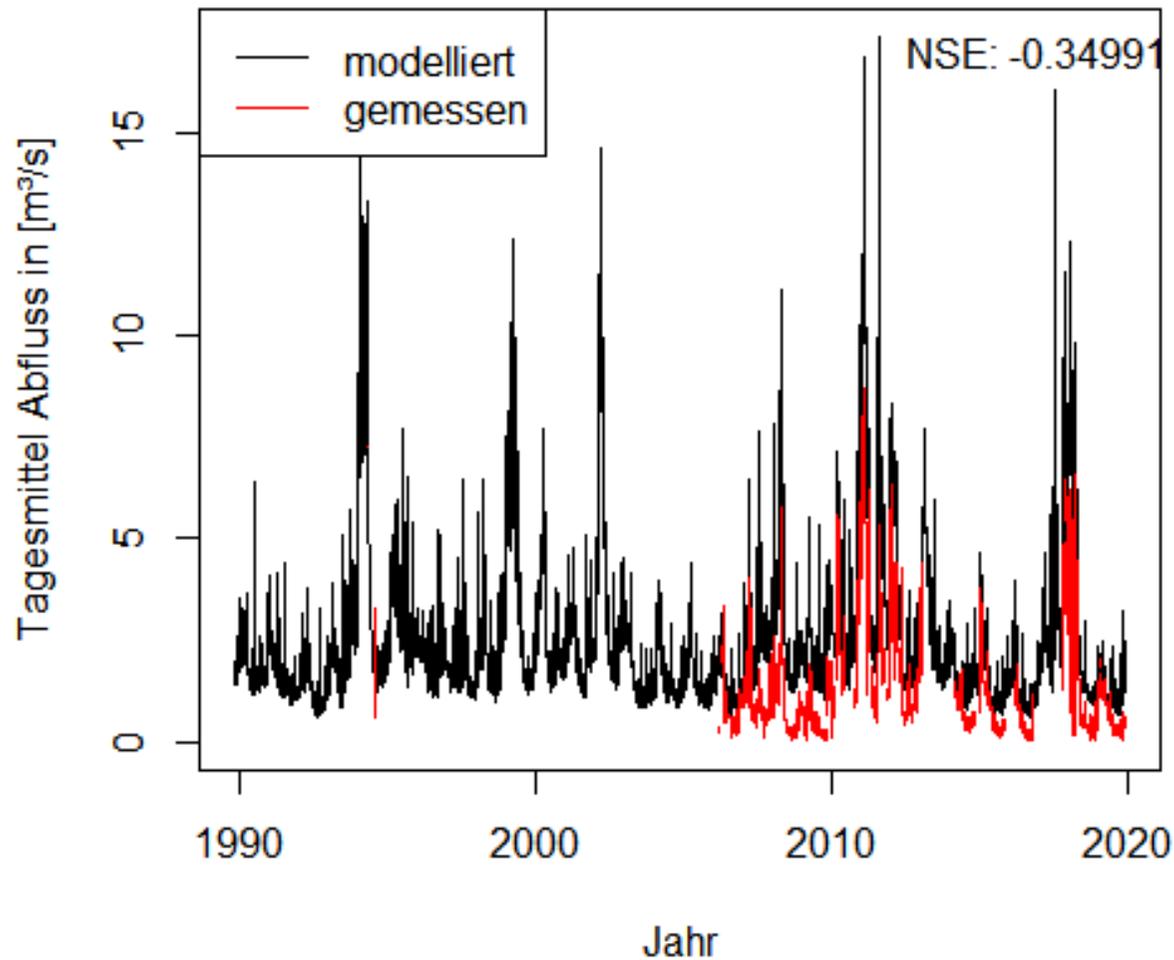


Monatsmittel Pegel Löcknitz Nord

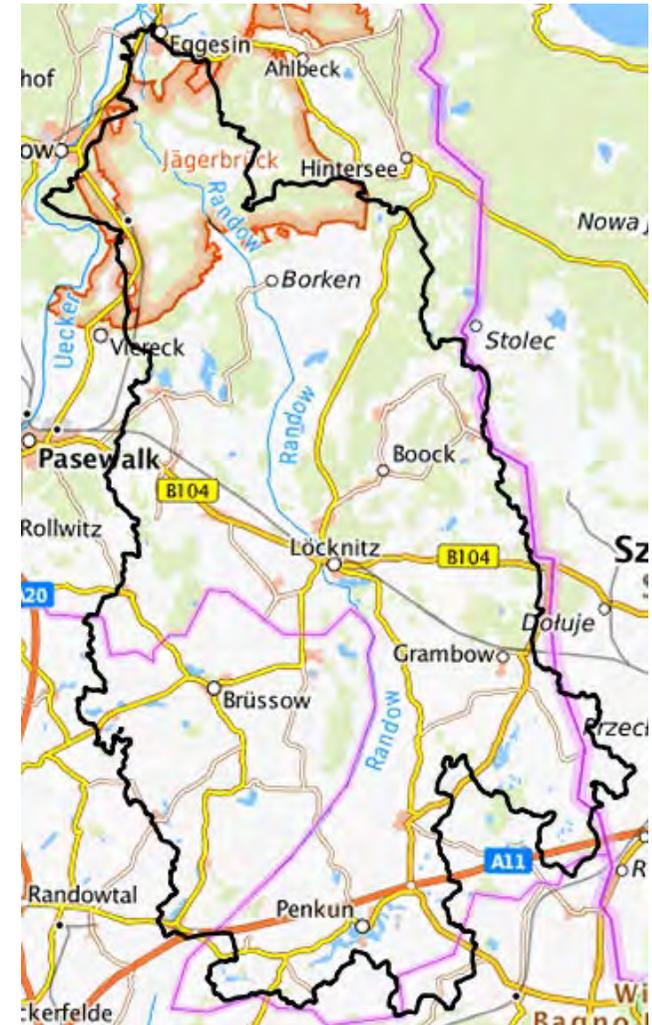
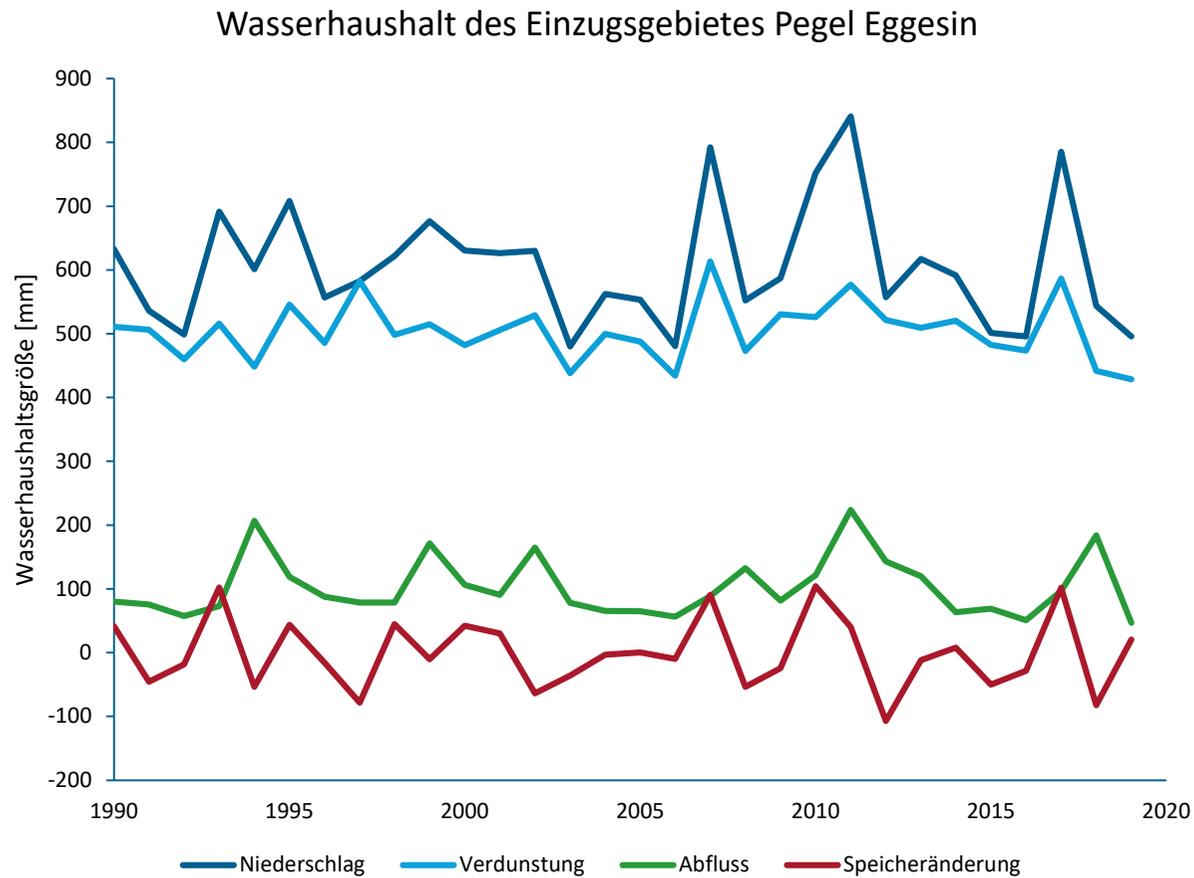


Modellvalidierung: Parameter Abflussdynamik Am Pegel Eggesin

Tagesmittel Abfluss



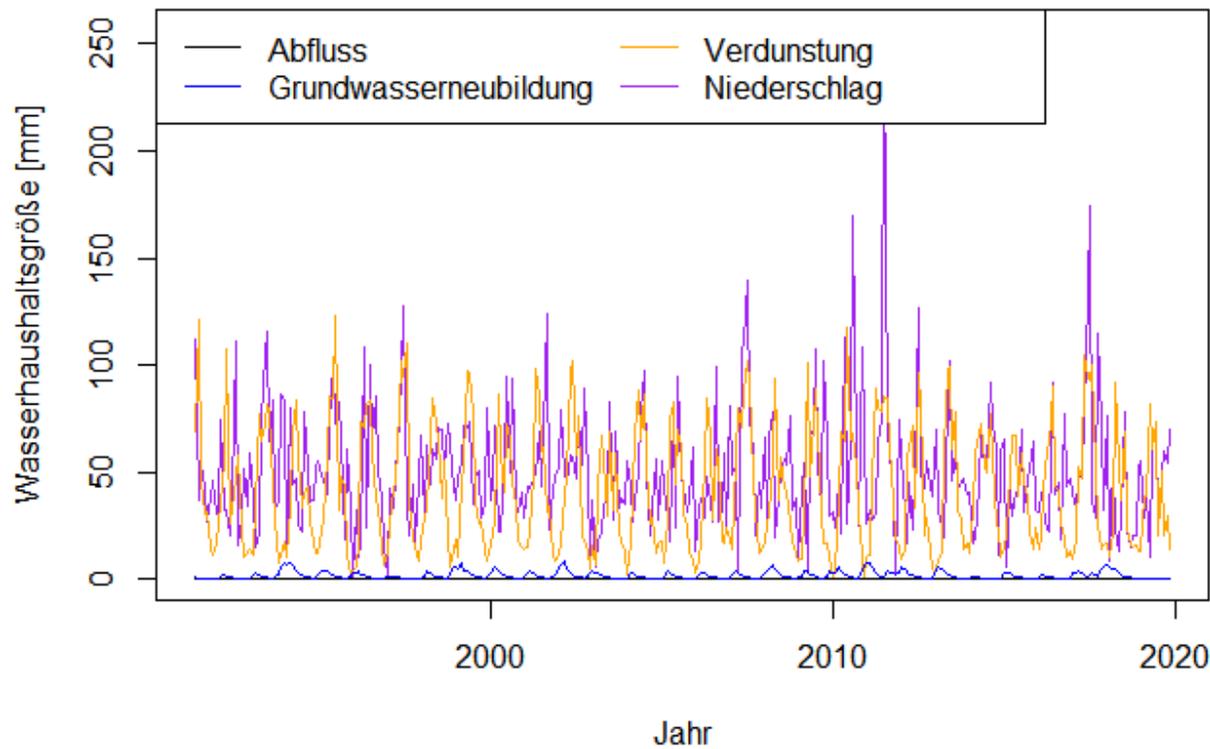
Wasserhaushalt: beobachtetes Gebiet



Quelle: BKG TopPlus

Wasserhaushalt: unbeobachtete Gebiete

Teileinzugsgebiet Nr. 253



Quelle: BKG TopPlus

Wasserhaushalt: Gekoppeltes Modell

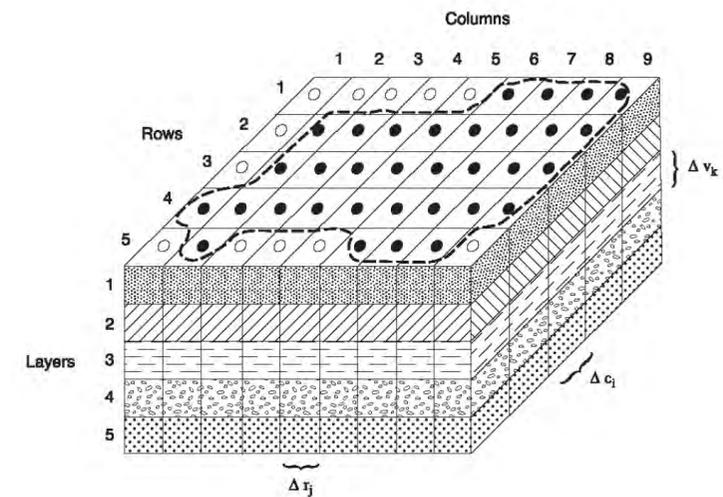
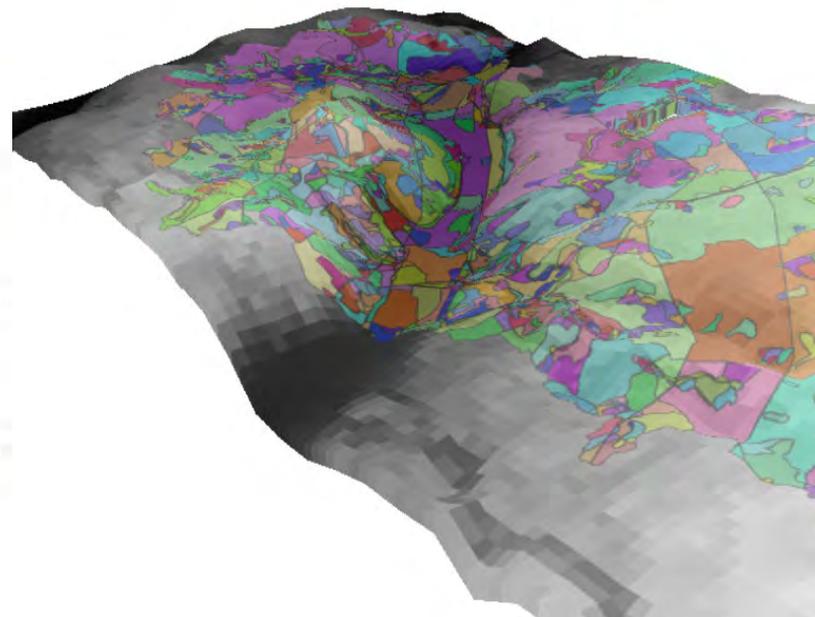
PRMS



GSFLOW



MODFLOW



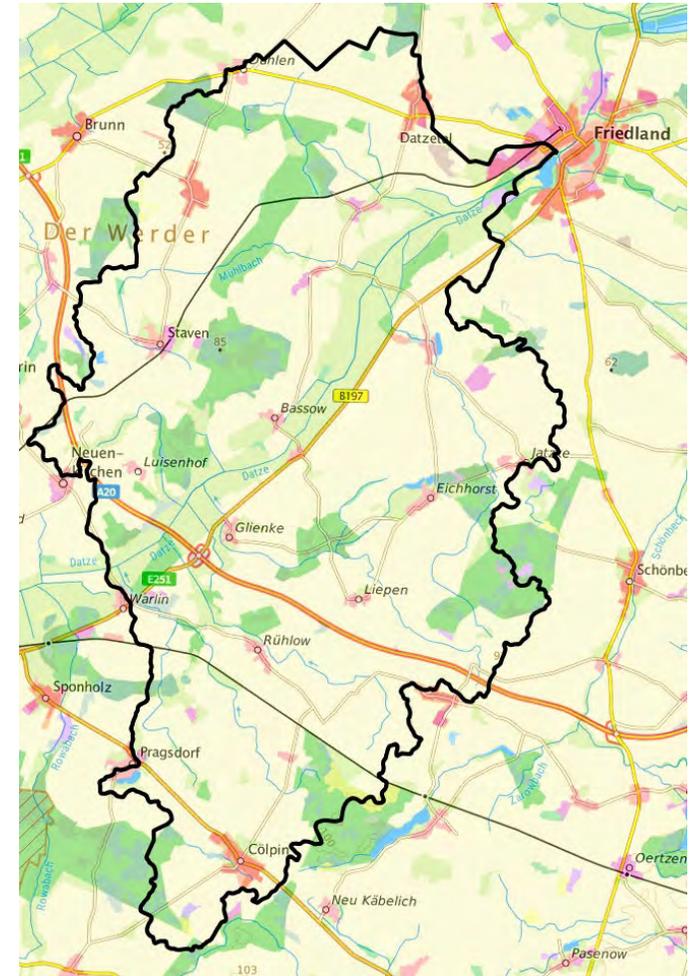
© Quelle: Harbough (2005)

Pilotgebiet Datze

Einzugsgebiet der Datze bis zum Pegel Friedland

Eigenschaften:

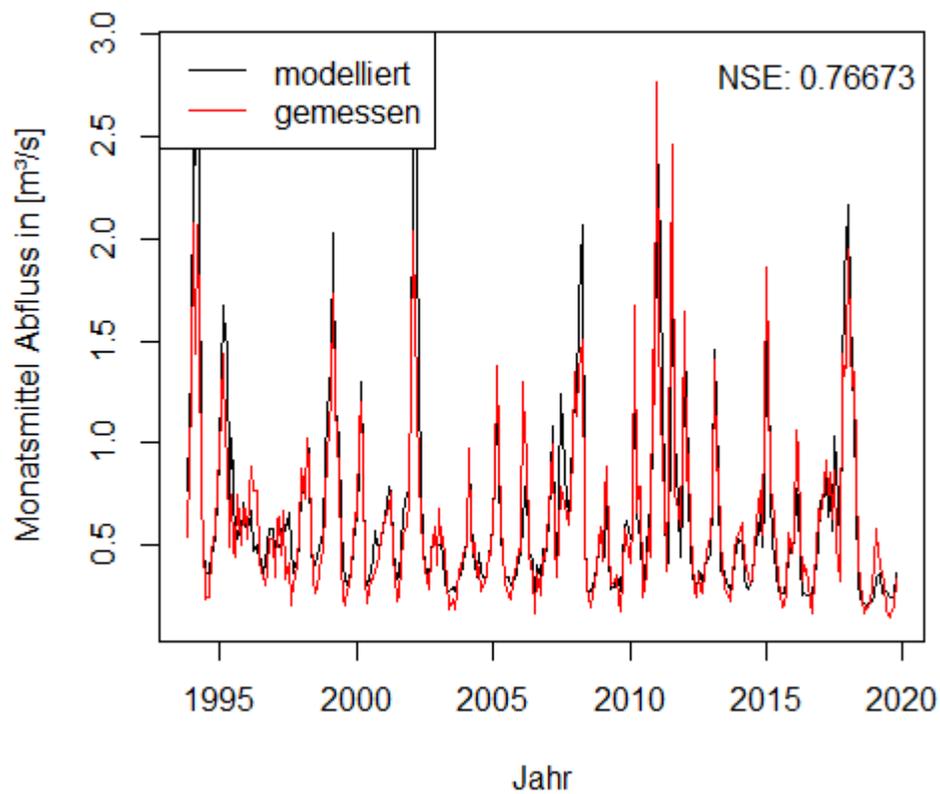
- Einzugsgebietsgröße: 159,9 km²
- überwiegend landwirtschaftlich genutzt
- negative Wasserbilanz (Auswahlkriterium)
- geringer Grundwasserflurabstand (evtl. Speisung der Verdunstung aus dem Grundwasser)
- Oberflächenwassereinzugsgebiet und Grundwasserkörper innerhalb M-V



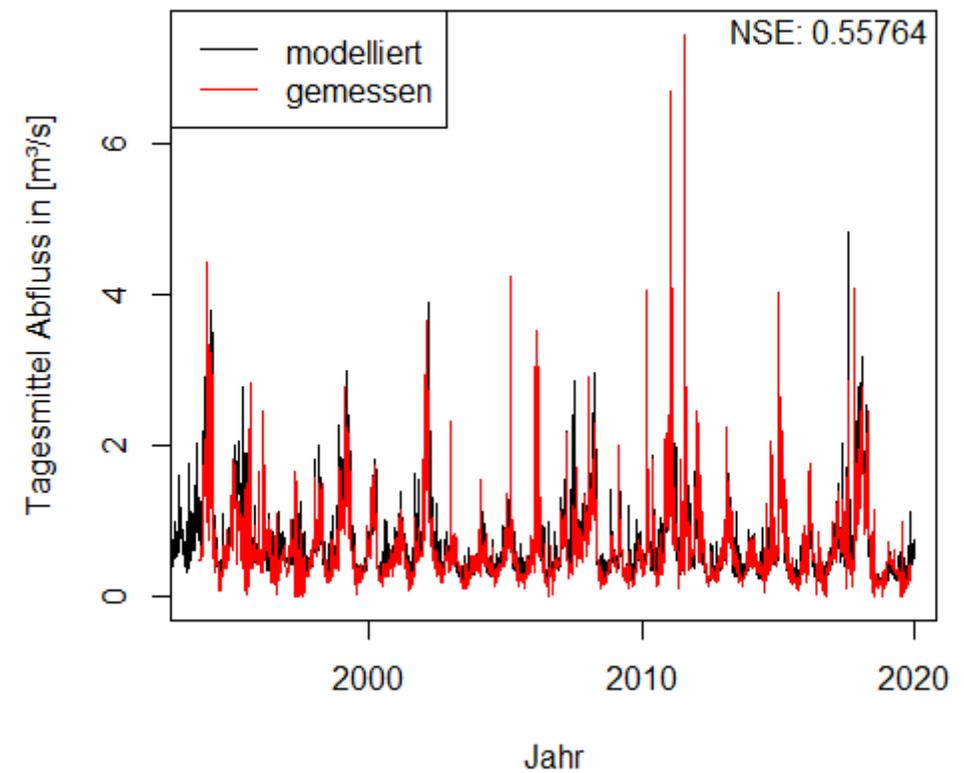
Modellvalidierung: Parameter Abflussdynamik

Gekoppeltes Modell

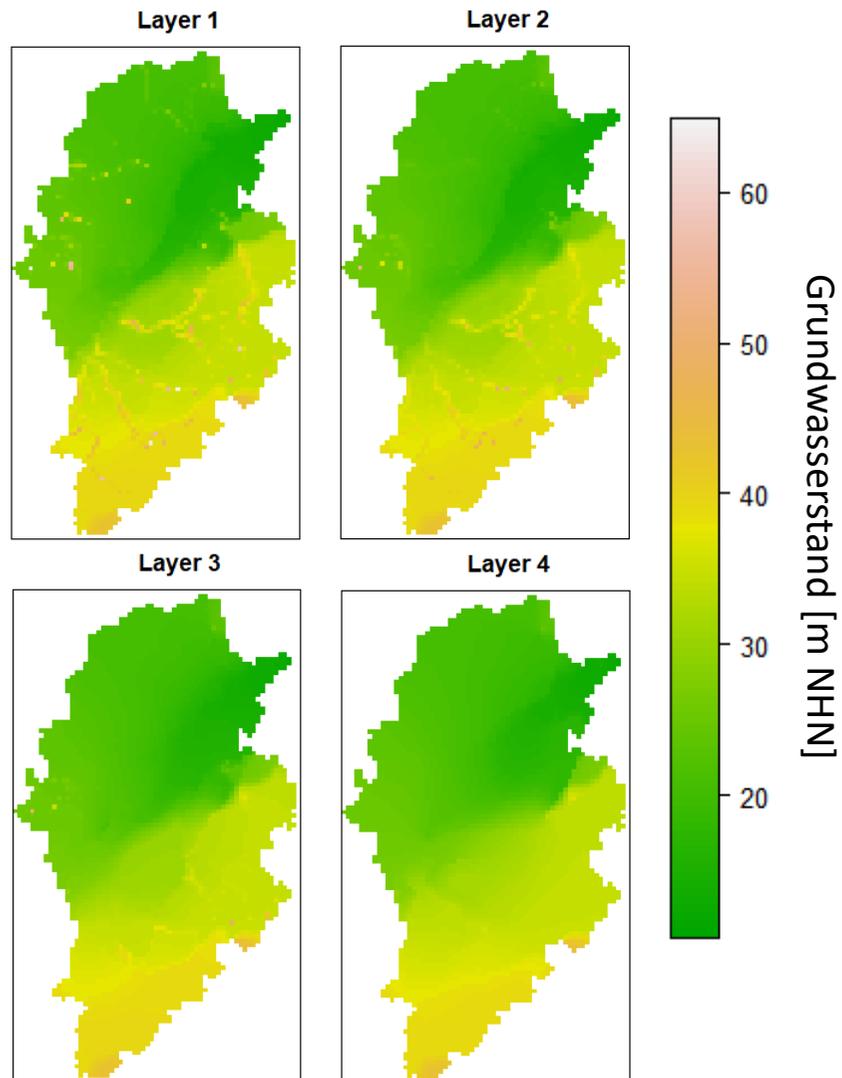
Monatsmittel Abfluss



Tagesmittel Abfluss



Modellergebnisse: Wasserhaushalt für ein gekoppeltes Modell



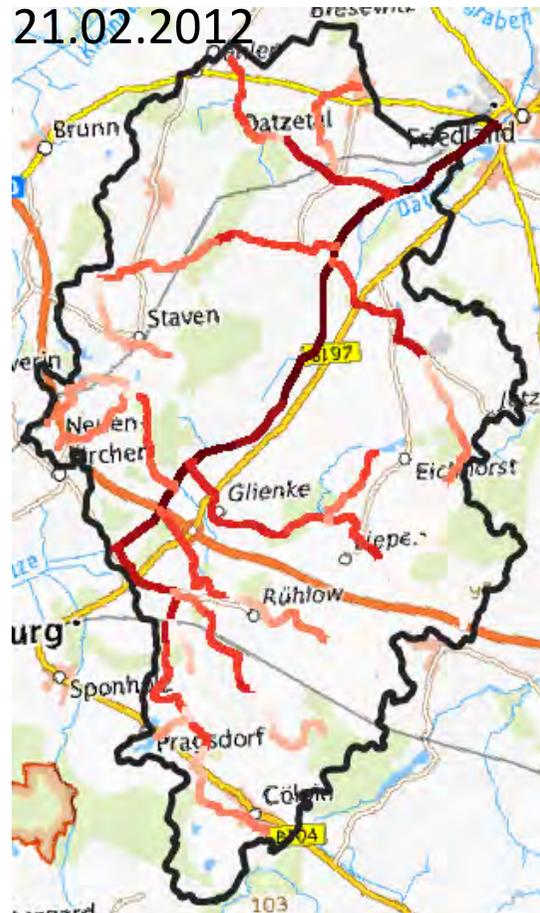
Quelle: BKG TopPlus

Wasserhaushalt: Abfluss am unbeobachteten Querschnitt

Gekoppeltes Modell

Beispiele für die modellierte Abflüsse im Gewässernetz

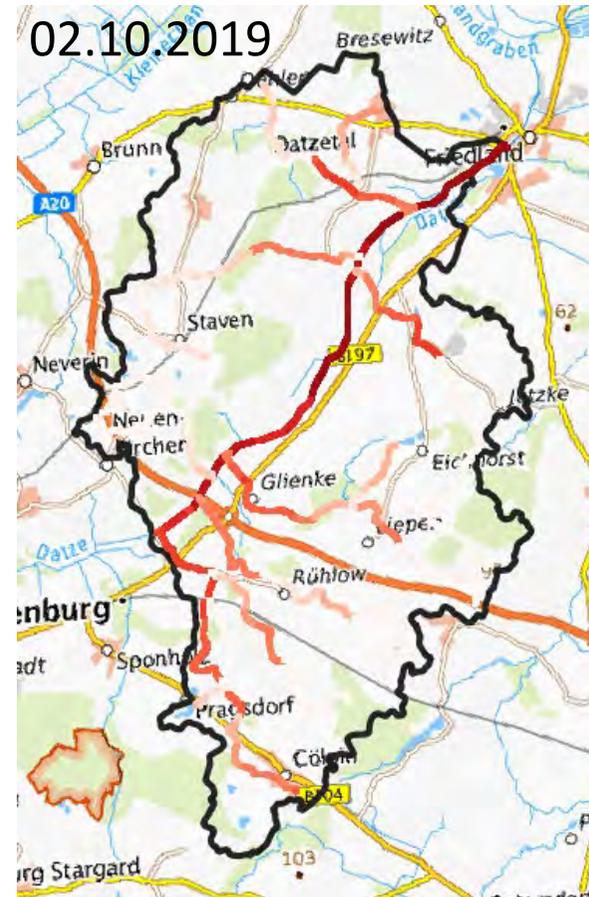
21.02.2012



- 0 - 0,001
- 0,001 - 0,002
- 0,002 - 0,003
- 0,003 - 0,007
- 0,007 - 0,01
- 0,01 - 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,08
- 0,08 - 0,14
- 0,14 - 0,3
- 0,3 - 0,5
- 0,5 - 1,5

Abfluss [m³/s]

02.10.2019



- 0 - 0,001
- 0,001 - 0,002
- 0,002 - 0,003
- 0,003 - 0,007
- 0,007 - 0,01
- 0,01 - 0,02
- 0,02 - 0,03
- 0,03 - 0,08
- 0,08 - 0,14
- 0,14 - 0,3
- 0,3 - 0,5
- 0,5 - 1,5

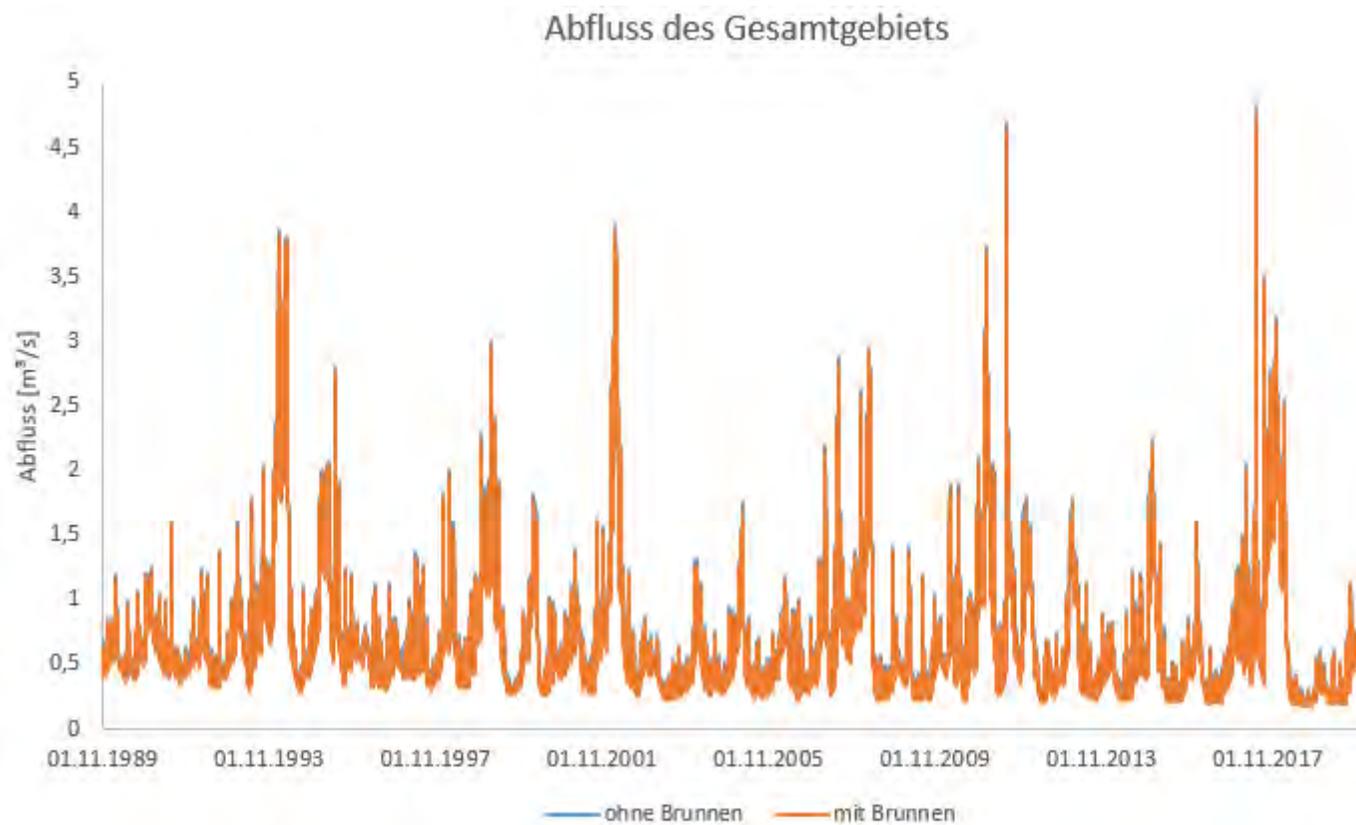
Abfluss [m³/s]

Quelle: BKG TopPlus

Quelle: BKG TopPlus

Wasserhaushalt: Praxisbeispiel Modellergebnisse

Wie wirkt sich ein fiktiver Brunnen auf den Wasserhaushalt im Einzugsgebiet aus?

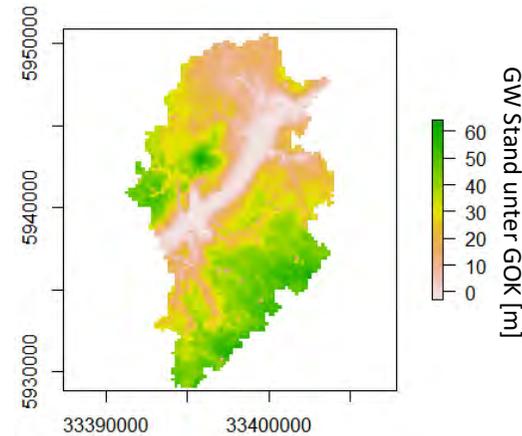


Quelle: BKG TopPlus

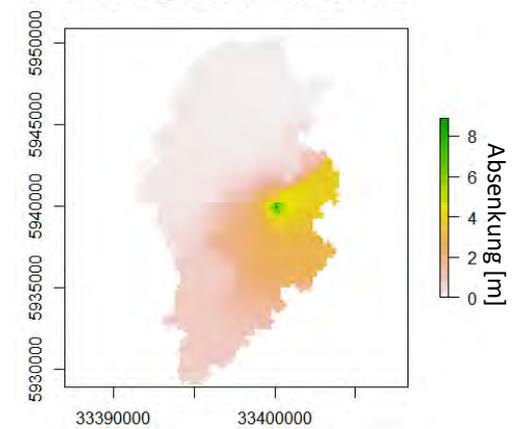
Wasserhaushalt: Auswirkung eines Brunnens

- Keine Auswirkung des Brunnens auf den Oberirdischen Wasserhaushalt, aber im Grundwassermodell deutlich zu erkennen

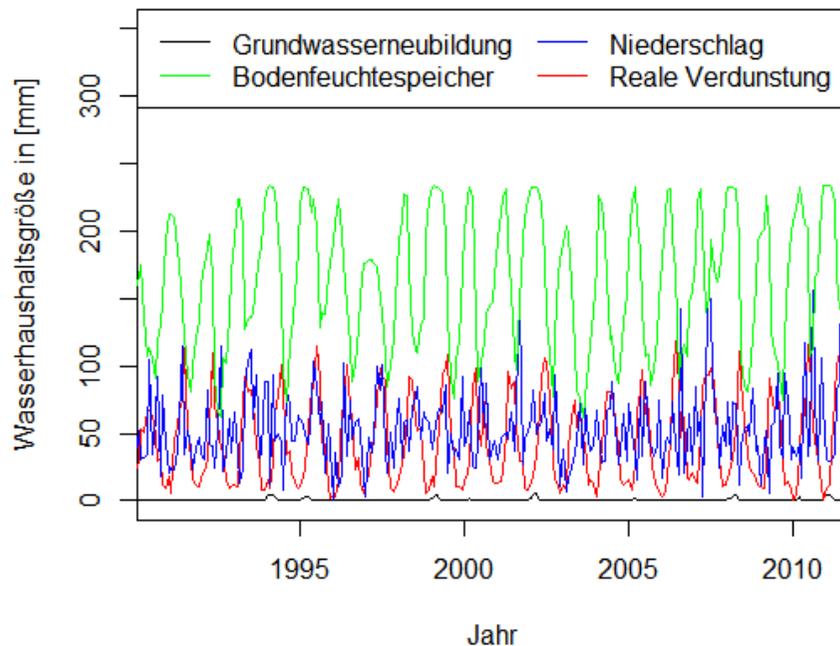
Grundwasserflurabstand



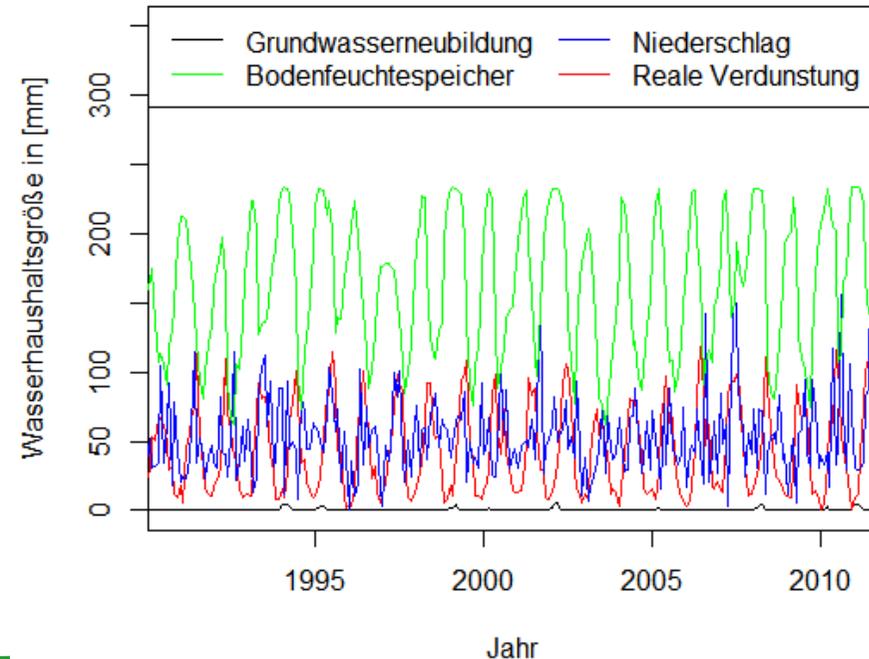
Absenkung des GW durch Brunnen



Teileinzugsgebiet Nr. 292 ohne Brunnen



Teileinzugsgebiet Nr. 292 mit Brunnen



Fazit und Ausblick

- Für die Pilotgebiete Randow und Datze wurde jeweils ein hydrologisches Modell aufgebaut.
- Eine Modellkopplung zwischen hydrologischem Modell und hydrogeologischen Modell wurde im Pilotgebiet Datze erfolgreich durchgeführt.
- Mit den Modellergebnissen werden alle Wasserhaushaltskomponenten für alle Teileinzugsgebiete plausibel ermittelt.
- In Szenarien können die Auswirkungen von Wassernutzungen auf den Landschaftswasserhaushalt modellgestützt überprüft werden.
- Prozessbasierte hydrologische Modelle in Kopplung mit hydraulischen Grundwassermodellen stellen ein wichtiges Analyse- und Entscheidungsunterstützungswerkzeug für eine nachhaltige Wassermengenbewirtschaftung dar.

Ausblick:

- ⇒ Testen weiterer Modellsysteme (LARSIM) in den Pilotgebieten
- ⇒ Erstellung einer landesweiten Kulisse mit prozessbasierten gekoppelten hydrologischen Modellen als Fachgrundlage für die Wasserdargebotsanalyse (2024 – 2032)



Mecklenburg-Vorpommern

Landesamt für Umwelt,
Naturschutz und Geologie

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Telefon +49 3843 777-312

wolfgang.klehr@lung.mv-regierung.de

<https://www.lung.mv-regierung.de/>

Quellen

BKG TopPlus: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022), Datenquellen:
https://sgx.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open_14.10.2022.pdf

BÜK200: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200), Datenquelle:
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/Bodenkundliche_Karten_Datenbanken/BUEK200/buek200_node.html

Corine DE: “Generated using European Union's Copernicus Land Monitoring Service information;
<https://doi.org/10.2909/960998c1-1870-4e82-8051-6485205ebbac>”

Corine PL: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (2018) CORINE Land Cover, Datenquelle:
clc.gios.gov.pl/arcgis/services/CLC/CLC2018/MapServer/WMSServer

DGM MV: Landesamt für innere Verwaltung
Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen (2023), <https://www.laiv-mv.de/Geoinformation/Geobasisdaten/Gelaendemodelle/>

DGM BB: GeoBasis-DE / LGB Datenquelle: <https://data.geobasis-bb.de/geobasis/daten/dgm/xyz/>

DGM PL: <https://www.geoportal.gov.pl/pl/dane/numeryczny-model-terenu-nmt/>

DWD CDC: DWD Climate Data Center http://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/

Harbough, Arlen W (2005): MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model—the Ground-Water Flow Process, <https://pubs.usgs.gov/tm/2005/tm6A16/PDF/TM6A16.pdf>