



Modellierung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung für Schleswig-Holstein im Beobachtungszeitraum 1961 – 2021 und für Klimaszenarien bis 2100

Ian McNamara, Björn Tetzlaff, Tim Wolters, Frank Wendland

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 654

ISBN 978-3-95806-803-2

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG)
Agrosphäre (IBG-3)

Modellierung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung für Schleswig-Holstein im Beobachtungszeitraum 1961 – 2021 und für Klimaszenarien bis 2100

Ian McNamara, Björn Tetzlaff, Tim Wolters,
Frank Wendland

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 654

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-803-2

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	8
TEIL 1: Modellierung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung für Schleswig-Holstein	9
1 Einleitung	10
2 Simulation der Abflusskomponenten.....	11
2.1 Hydrologische Grundbegriffe und Definitionen	11
2.2 Wasserhaushaltsmodell mGROWA	13
2.3 Berechnung der Gesamtabflusshöhe und der Sickerwasserhöhe	14
2.3.1 Standorte mit Vegetation	16
2.3.2 Versiegelte Standorte	23
2.4 Wasserhaushaltssimulation auf freien Wasseroberflächen	24
2.5 Ausweisung des Oberflächenabflusses und der Sickerwasserhöhe.....	24
2.6 Separation von Grundwasserneubildung, natürlichem Zwischenabfluss und Dränabfluss	25
2.7 Kalibrierung des mGROWA-Modells.....	28
3 Datengrundlagen und Modellsetup	29
3.1 Zusammenfassung der verwendeten Daten.....	29
3.2 mGROWA Modellsetup.....	29
3.3 Klimatische Daten.....	30
3.3.1 Niederschlagshöhe	31
3.3.2 Potenzielle Evapotranspiration	32
3.4 Topographische Datengrundlage.....	33
3.5 Daten zum Versiegelungsgrad	35
3.6 Daten zur Landbedeckung	36
3.7 Bodenkundliche Datengrundlagen	41
3.7.1 Bodenprofile	41
3.7.2 Grundwasserbeeinflusste Böden	42
3.7.3 Potenziell dränierete Flächen	44
3.7.4 Staunässe	45
3.7.5 Feldkapazität	46
3.7.6 Nutzbare Feldkapazität.....	47
3.8 Bindige Deckschichten.....	48
3.9 Relevante Standorteigenschaften zur Separation des Gesamtabflusses	49
3.10 Abflussdaten und Einzugsgebietsabgrenzungen.....	50
4 Modellergebnisse	53
4.1 Übersicht zu den Modellergebnissen	53
4.2 Tatsächliche Evapotranspiration	54

4.3	Gesamtabfluss	55
4.4	Oberflächenabfluss	56
4.5	Urbaner Direktabfluss	57
4.6	Sickerwasserhöhe	58
4.7	BFI-Werte	58
4.7.1	BFI-Werte für bindige Deckschichten	58
4.7.2	BFI-Werte für sonstige Flächen	59
4.8	Grundwasserneubildung	60
4.9	Natürlicher Zwischenabfluss und Drainageabfluss	62
4.10	Ergebnisvalidierung	64
4.10.1	Überprüfung des berechneten Netto-Gesamtabflusses	64
4.10.2	Überprüfung der berechneten Netto-Grundwasserneubildung	67
5	Weitergehende Auswertungen zur modellierten Grundwasserneubildung	71
5.1	Auswertung der jährlichen Grundwasserneubildung	71
5.2	Räumliche Verteilung der monatlichen Grundwasserneubildung im Zeitraum 1991-2020	75
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	79
TEIL 2: Grundwasserneubildung unter dem Einfluss des Klimawandels in Schleswig-Holstein - Simulationen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA		
1	Einleitung	83
2	Erläuterungen wichtiger Begriffe in der Klimamodellierung	84
3	Vorverarbeitung der Klima-Eingabedaten	87
3.1	Zusammenfassung der Klimamodelle	87
3.2	Niederschlagsdaten	89
3.3	Potenzielle Evapotranspirationsdaten	90
3.4	Räumliche Interpolation der klimatischen Eingaben aus Gitterpunkten	91
3.5	Vergleich der Änderungen bei Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration	92
4	Grundwasserneubildung unter dem Einfluss des Klimawandels bis 2100	96
4.1	Referenzniveau der Netto-Grundwasserneubildung basierend auf beobachteten Klimaeingaben	96
4.2	Bewertung des Modell-Bias über den Referenzzeitraum 1971-2000	96
4.3	Veränderungen der Grundwasserneubildung in Schleswig-Holstein	102
4.4	Bewertung der Robustheit der Änderungssignale	109
4.5	Quantifizierung der wahrscheinlichen Veränderungen	111
4.6	Auswertungen für verschiedene Gebietskulissen	117
4.6.1	Auswertungen auf Ebene der Planungseinheiten nach EU-WRRL	117
4.6.2	Auswertungen auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte	121

4.6.3 Auswertungen auf Ebene der hydrogeologischen Teilräume	125
4.7 Änderungen der Variabilität.....	129
4.8 Auswertung der Kern-Ensembles.....	132
5 Diskussion und Ausblick	135
5.1 Vergleich mit anderen Studien	135
5.2 Prognosen zum Klimawandel.....	137
5.3 Mögliche Änderungen der Grundwasserstände	137
5.4 Weitere statische Eingangsgrößen	138
6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	139
Literatur	142
Appendix A: Eingaben und Ausgaben für 1971-2000 und 1981-2010.....	150
Appendix B: Tabellierte Werte der Netto-Grundwasserneubildung	160
Appendix C: Liste der Akronyme der Klimamodellnamen	163
Appendix D: Überblick der klimatischen Eingaben bezüglich des Winter- und Sommerhalbjahrs.....	164
Appendix E: Mittlere jährliche Netto-Grundwasserneubildung für alle 44 Mitglieder des Klima-Ensembles.....	170
Appendix F: Zeitreihendarstellungen der jährlichen und monatlichen räumlichen Mittel der Netto-Grundwasserneubildung für alle 44 Mitglieder des Klima-Ensembles	177
Appendix G: Darstellung der jährlichen räumlichen Mittelwerte der Netto-Grundwasserneubildung in Linienform.....	189
Appendix H: Auswertung des Bayern_Ensemble_v1	190

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 654
ISBN 978-3-95806-803-2