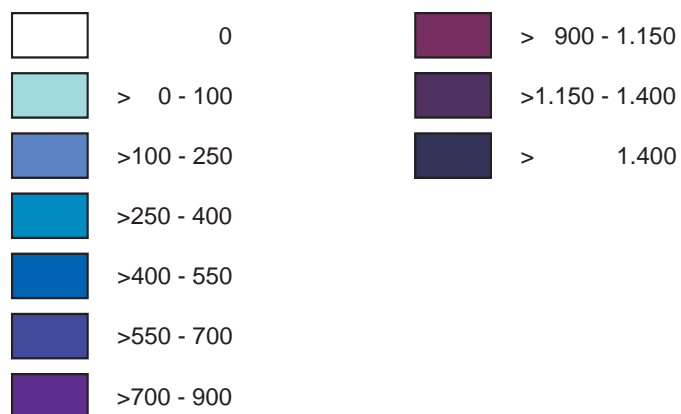


Karte 4: Grundwasserneubildung pro km²
im Sommer (Juni, Juli, August)
im Zeitraum 2036-2060

[mm/a]



GLOBAL CHANGE ATLAS
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

3.1.7 Teilprojekt Hydrologie/Fernerkundung

Grundwasserneubildung unter Szenario- bedingungen

Rastergröße: 1 x 1 km²

Maßstab: 1: 3.800.000



Datengrundlage:

Datengrundlage:
DANUBIA-Bodenarten
DANUBIA-Digitales Geländemodell
DANUBIA-Landbedeckung und Landnutzung
Ergebnisse des statistischen Klimaantriebs-Generators
(siehe Kapitel S3): Klimatrend *REMO regional*, Klimavariante *Baseline*

Autor:

Ch. Heinzeller
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,
Ludwig-Maximilians-Universität München

Grafik:

V. Falck
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung,
Ludwig-Maximilians-Universität München

3.1.7 Teilprojekt Hydrologie/Fernerkundung - Grundwasserneubildung unter Szenario-bedingungen

1. Einleitung

Im folgenden Kapitel werden die im Zuge der Klimaveränderung möglichen Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung (GWN) im Einzugsgebiet der Oberen Donau vorgestellt.

Die GWN wird in DANUBIA als die Wassermenge definiert, die nach der Durchsickerung des ungesättigten durchwurzelten Bodenporenraums (siehe Kapitel 2.1.1) den Grundwasserkörper erreicht. Die Dynamik des Bodenwasserspeichers wird vor allem durch die zentralen Prozesse der Speicherfüllung (Niederschlag, Abfluss, kapillarer Aufstieg) sowie die Prozesse der Entleerung (Evapotranspiration, Zwischenabfluss, Grundwasserneubildung) gesteuert. Der Vorgang der GWN, oder auch Perkolat

ion des Bodenwassers aus der ungesättigten Zone in den Grundwasserkörper, wird in DANUBIA durch die Übergabe von Simulationswerten von der Modellkomponente Soil an das Grundwasserteilmodell GroundwaterFlow realisiert. Die vom Modell verwendete Einheit für die GWN ist mm pro Zeiteinheit. Im Einzugsgebiet der Oberen Donau stammen mehr als 90% des gewonnenen Trinkwassers aus dem Grundwasser (Emmert, 1999). Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung und damit auch auf die Neubildung von Trinkwasser zu untersuchen, wurden alle im GLOWA-Danube-Projekt definierten Klimatrends inklusive ihrer jeweils vier statistischen Klimavarianten sowie die Klimavarianten der regionalen Klimamodelle REMO skaliert & biaskorrigiert und MM5 skaliert & biaskorrigiert für das Einzugsgebiet der Oberen Donau gerechnet (siehe Kapitel S1-S5). Daraus ergaben sich insgesamt 18 Modellläufe. Die Ergebnisse dieser Läufe wurden quantitativ ausgewertet sowie statistisch analysiert (siehe Tabelle 3.1.7.1).

2. Ergebnisse

Die Karten 1 und 2 geben eine Vorstellung davon, wie sich die Grundwasserneubildung im Zuge des Klimawandels verändern könnte. Dargestellt ist die mittlere jährliche Sickerwassermenge aus der ungesättigten Bodenzone für das gesamte Einzugsgebiet für den Klimatrend REMO regional mit der Klimavariante Baseline sowie für den Referenzzeitraum. Die regionalen Unterschiede der GWN treten hier jeweils deutlich hervor. Die Kombination aus dem Klimatrend REMO regional und der Klimavariante Baseline liegt mit ihrem Trend der Veränderung (-49 mm, siehe Tabelle 3.1.7.2) im Mittel aller verwendeter Szenarien.

Die Gegenüberstellung der Grundwasserneubildung in den Sommermonaten Juni, Juli und August des Referenzlaufs und des Klimaszenarios REMO regional – Baseline (siehe Karten 3 und 4) soll aufzeigen, in welchen Regionen des Einzugsgebiets es in der Zukunft zu deutlichen Rückgängen und sogar vermehrten Ausfällen der GWN in den Sommermonaten kommen kann.

2.1 Trends der Szenarien

Ein Überblick über den Schwankungsbereich bzw. den Trend der verwendeten Szenarien ist in Abbildung 3.1.7.1 dargestellt. Hier sind die mittleren Jahreswerte der Grundwasserneubildung

Szenarien zeigt sich jedoch ein Rückgang der Grundwasserneubildung. Die prognostizierte Abnahme der GWN für den betrachteten Zeitraum 2011 bis 2060 schwankt zwischen 33 und 125 mm.

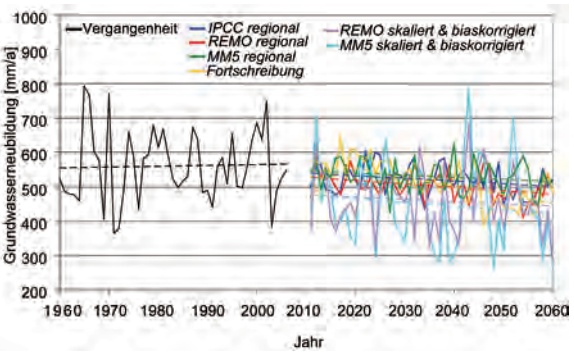


Abbildung 3.1.7.1: Zeitliche Entwicklung der GWN für die Vergangenheit sowie für die verwendeten GLOWA-Danube Klimaszenarien. Dargestellt sind räumlich aggregierte Jahreswerte, jeweils gemittelt über die vier statistischen Klimavarianten eines Klimatrends. Die beiden Klimavarianten aus den regionalen Klimamodellen sind gesondert dargestellt; die gestrichelten Linien stellen lineare Trendgeraden dar.

Lauf	Zeitraum	Trend [mm]
Vergangenheit	1960 - 2006	+11
IPCC regional	2011 - 2060	-39
REMO regional	2011 - 2060	-49
MM5 regional	2011 - 2060	-30
Fortschreibung	2011 - 2060	-125
MM5 skaliert & biaskorrigiert	2011 - 2060	-56
REMO skaliert & biaskorrigiert	2011 - 2060	-33

Tabelle 3.1.7.2: Mittlerer linearer Trend der GWN für das Einzugsgebiet der Oberen Donau.

2.2 Räumliche Veränderung

Die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Oberen Donau im Referenzzeitraum 1971-2000 betrug im langjährigen Mittel 554 mm/a. Wie sich bei der Betrachtung der Karten 1-4 erkennen lässt, folgt die GWN zunächst im Wesentlichen dem Niederschlagssignal (siehe auch Kapitel 1.5, Karte 4). So finden sich Gebiete mit Werten über 550 mm/a für die GWN vor allem in den niederschlagsreichen Gebieten der Mittelgebirge, im Alpenvorland und dem Bereich der Alpen. Begünstigt wird die GWN in diesen Gebieten zusätzlich noch durch die reduzierte Verdunstung, die teilweise mangelnde Speicherkapazität der Böden (z.B. Kalkalpen, pleistozäne Schotter) sowie durch das alpine Relief. Die Bereiche des süddeutschen Stufenlands mit seinen Grundgebirgsrändern zeichnen sich durch Gebiete mit GWN-Werten zwischen 0 und 550 mm/a aus. Für das Klimaszenario REMO regional – Baseline (2011-2060) liegt die mittlere jährliche GWN über das gesamte Einzugsgebiet bei 503 mm/a.

Das Muster der räumlichen Verteilung der Grundwasserneubildung im Szenario entspricht in den Grundzügen der des Referenzzeitraums. Die Unterschiede der Veränderung gegenüber der Vergangenheit werden v.a. bei Betrachtung der Regionen deutlich. So ist zu erkennen, dass v.a. im Alpenvorland die Bereiche mit GWN-Werten über 700 mm/a weniger werden. Auch die

noch deutlicher, welche Auswirkungen der Klimawandel möglicherweise haben kann. Wurde in den Sommermonaten des Referenzzeitraums für ca. 16 % der Proxel keine Grundwasserneubildung berechnet, so sind es im Klimaszenario REMO regional – Baseline (2036-2060) bereits 27 %.

2.3 Zeitliche Veränderung

Die GWN findet im Einzugsgebiet der Oberen Donau, wie auch in vielen anderen Regionen auf der Nordhalbkugel, v.a. im November bis April (im hydrologischen Winterhalbjahr) statt. In dieser Periode trägt die Evapotranspiration aufgrund von niedrigeren Temperaturen und einem reduzierten Pflanzenwachstum weniger stark zur Abnahme der Grundwasserneubildung bei. Im Sommerhalbjahr, mit seiner höheren Evapotranspiration und somit einer natürlich bedingt niedrigeren GWN, macht sich ein zusätzlicher, durch Klimaveränderung verursachter Rückgang der Grundwasserneubildung, besonders bemerkbar. Welche deutlichen Auswirkungen die zu erwartende Klimaänderung auf die Grundwasserneubildung und damit auf die Verfügbarkeit und Qualität des Trinkwassers - besonders auch im Sommer - haben kann, ist bei der Betrachtung der Karten 1- 4 zu erkennen.

Für das Einzugsgebiet der Oberen Donau ist v.a. für die Sommermonate ein deutlicher Rückgang des Niederschlags zu erwarten (siehe Kapitel S2, Karte S2.2 sowie Kapitel S5, Karte S5.4). Zum einen hat dieser einen unmittelbaren Einfluss auf die GWN. Zum anderen kommt es in Folge des prognostizierten Anstiegs der Temperatur zu einer Zunahme der Evaporation sowie zu einem Anstieg des Wasserbedarfs der Vegetation (Transpiration). Die zeitliche Veränderung der GWN in den Sommermonaten Juni, Juli und August kann man den Abbildungen 3.1.7.2 und 3.1.7.3 entnehmen.

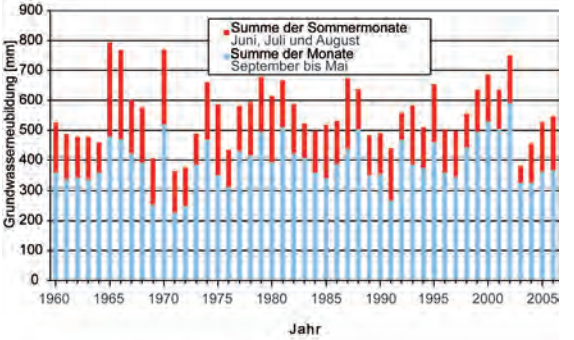


Abbildung 3.1.7.2: Summe der jährlichen und Anteil der sommerlichen GWN im Zeitraum 1960-2006 (Vergangenheit).

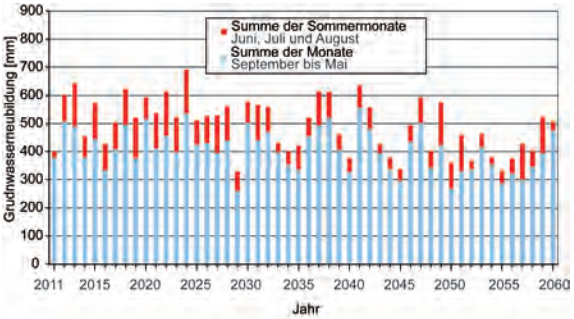


Abbildung 3.1.7.3: Summe der jährlichen und Anteil der sommerlichen GWN im Zeitraum 2011-2060 (Klimaszenario REMO regional – Baseline).

Der Anteil der Grundwasserneubildung in den Sommermonaten an der jährlichen GWN des Jahres beträgt im Referenzzeitraum ca. 29%.

Im Klimaszenario REMO regional – Baseline liegt der Anteil der GWN in den Monaten Juni bis August an der jährlichen GWN bei nur noch 17%.

In Abbildung 3.1.7.3 ist auch zu erkennen, dass in der zweiten Hälfte des Szenariozeitraums (2036-2060) der mittlere Jahreswert der Grundwasserneubildung nur noch selten den 500 mm-Wert überschreitet.

Literatur

Emmert, M. (1999): Die Wasserversorgung im deutschen Einzugsgebiet der Donau. Wasserwirtschaft 89 (7-8): 396-403.

¹ im Verhältnis zum Referenzzeitraum

^{*}Mittel über alle Klimavarianten des jeweiligen Klimatrends

Tabelle 3.1.7.1: Wichtige statistische Kenngrößen der GWN aus allen verwendeten Klimatrend-Klimavarianten-Kombinationen.

für die jeweils vier Klimavarianten pro Klimatrend sowie die Sonderformen MM5 skaliert & biaskorrigiert und REMO skaliert & biaskorrigiert aufgetragen. Wie man aus der Abbildung 3.1.7.1 sowie der Tabelle 3.1.7.2 entnehmen kann, zeigt sich für alle Szenarien bei der Grundwasserneubildung eine Trendumkehr. So ist in der Vergangenheit im langjährigen Mittel noch eine leichte Zunahme der GWN im Einzugsgebiet der Oberen Donau zu beobachten. Für alle verwendeten

GWN in den Mittelgebirgen verringert sich. Für den Alpenraum zeigt sich ebenfalls ein deutlicher Rückgang. So dünnen die Gebiete mit Werten über 700 mm/a sichtbar aus. Für das gesamte Einzugsgebiet der Oberen Donau ergibt sich unter Verwendung des Klimaszenarios REMO regional – Baseline ein Rückgang der Grundwasserneubildung von ca. 9% für den Zeitraum 2011-2060 (siehe Tabelle 3.1.7.1). Betrachtet man nun die Veränderung der GWN im Sommer, so wird