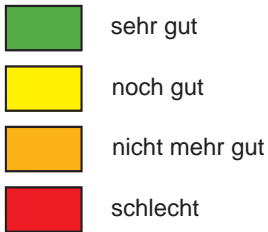


Karten 1a-8a: Bewertung des Grundwasserdargebots im Juli des jeweiligen Jahres



Karten 1b-8b: Bewertung des Zustands der Trinkwasserversorgung im Juli des jeweiligen Jahres



GLOBAL CHANGE ATLAS
EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



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

2.2.3 Teilprojekt Grundwasserhaushalt, Grundwasserbewirtschaftung und Wasserversorgung

Teststudie zur Berechnung des mengenmäßigen Zustands von Grundwasserressourcen und der Trinkwasserversorgung (Modell *DeepWaterSupply*)

Rastergröße: 1 x 1 km² 0 120 240 km
Maßstab: 1: 7.700.000

Datengrundlage:
Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München, 1998
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1998
Landratsämter: Alb-Donau-Kreis, Kreis Biberach, Breisgau-Hochschwarzwald-Kreis, Kreis Heidenheim, Ostalbkreis, Kreis Ravensburg, Kreis Reutlingen, Schwarzwald-Baar-Kreis, Kreis Sigmaringen, Kreis Tuttlingen, Zollernalbkreis, Stadt Ulm, (1998-2003)
112. Statistik Wasser, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, e.V. Bonn, 2001
EcoGIS, Web-based Map Browser for Environmental Data of Switzerland, BUWAL 2001-2003,
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schweiz
Betriebsergebnisse der Wasserwerke Österreichs 1999. Statistik DW 1. ÖVGW Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, Wien.
Wasserentnahmedaten des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich, Strategiepapier „Grundwasserentnahmen“, 2004, und „Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern“, 2003
Salzburger Geograph. Informationssystem SAGIS, Amt der Salzburger Landesregierung, 2004
Wasserversorgungs- und Entnahmedaten des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung, 2004

Autoren:
R. Barthel, D. Nickel
Institut für Wasserbau,
Universität Stuttgart

Grafik:
V. Falck,
Department für Geographie,
Ludwig-Maximilians-Universität München

2.2.3 Teilprojekt Grundwasserhaushalt, Grundwasserbewirtschaftung und Wasserversorgung - Modellierung der Auswirkungen des Global Change auf die Trinkwasserversorgung - Das Entscheidungsmodell *DeepWaterSupply*

1. Einleitung

Das hier beschriebene DeepActor-Modell *DeepWaterSupply* stellt eine Erweiterung des in Kapitel 2.2.2 vorgestellten „flachen“ Modells *WaterSupply* dar. Diese Erweiterung basiert auf dem im Kapitel E3 vorgestellten DeepActor-Ansatz. Zum besseren Verständnis der Konzeption von *DeepWaterSupply* wird die Lektüre der Kapitel 1.16 (Datengrundlagen), 2.2.2 und E3 empfohlen.

Im Grundsatz sind die Ziele der Modellierung, die Ursachen und Wirkungen des flachen Modells und der tiefen Erweiterung gleich: Der von den Akteurmodellen ermittelte Wasserbedarf wird unter Vermittlung der Wasserversorgungsunternehmen (Water Supply Companies: WSC) an die Entnahmestellen (Modelle *Groundwater* und *RiverNetwork*) weitergeleitet. Die „flache“ Modellierungsstrategie (siehe Kapitel 2.2.2) basiert dabei auf einer starren Zuordnung von Entnahmestellen und Gemeinden zu den WSC und auf fest vorgegebenen maximalen Entnahmemengen. Übersteigt im flachen Modell der Bedarf die einer WSC zugewiesenen Kapazitäten, resultiert daraus eine Unterversorgung, die durch ein solches starres Konzept nicht sinnvoll behandelt werden kann, wenn man zugrundelegt, dass Änderungen der Rahmenbedingungen in der Realität eine dynamische Anpassung der Infrastruktur oder eine flexible Nutzung der Ressourcen nach sich ziehen würden. Um auch unter Szenarienbedingungen zu einer realitätsnahen und flexiblen Abbildung der Verhältnisse zu kommen, wurde das flache Modellkonzept um eine „tiefe“, dynamische Komponente erweitert. Diese Erweiterung wird aktiviert, wenn ein Wasserversorgungsunternehmen mit den ihm zum aktuellen Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Möglichkeiten den Bedarf der von ihm versorgten Verbraucher nicht mehr decken kann. Das tiefe Wasserversorgungsmodell verwendet zu diesem Zweck das sogenannte DeepActor-Framework. Dieses Framework und das grundlegende Konzept der DeepActor-Modellierung in DANUBIA sind in Kapitel E2 und E3 beschrieben.

2. Datenaufbereitung

Als Erweiterung der in Kapitel 1.16 bzw. 2.2.2 für das flache Modell beschriebenen Datengrundlagen sind für die tiefe Modellierung einige zusätzliche Informationen erforderlich:

Zonen: Das Konzept der „Zonen“ ist eng mit dem Konzept der „Flaggen“ verbunden, das in Kapitel E3 beschrieben ist. Eine Zone stellt einen einheitlich reagierenden, „homogenen“ Grundwasserkörper dar. Es wird angenommen, dass jede Änderung der Randbedingungen (Entnahmen, Grundwasserneubildung bzw. Klima) das Grundwasserdargebot in einer Zone gleichmäßig beeinflusst. Diese konzeptionell stark vereinfachende Annahme wurde getroffen, da die Dargebotsbestimmung für jedes Proxel aufgrund der aktuellen Datenlage nicht möglich ist. Im Einzugsgebiet wurden 405 Zonen mit einer mittleren Fläche von 190 km² anhand hydrogeologisch-hydrologischer Kriterien definiert. Jeder Zone wurden charakteristische Parameter anhand ihrer hydrogeologischen Eigenschaften (Grundwasserflurabstand, Durchlässigkeit, Speichervermögen) zugewiesen. Die Parameter sind:

Charakteristische Reaktionszeit: Wie lange muss ein Indikator beobachtet werden, um eine signifikante Veränderung feststellen zu können?

Gewicht: Welche Bedeutung hat der jeweilige Indikator für die Betrachtung eines bestimmten Grundwasserkörpers?

Die betrachteten Indikatoren für die verfügbare Grundwassermenge sind hierbei: Grundwasserstand, Grundwasserneubildung und Basisabfluss (s.u.).

3. Modellbeschreibung

Das erweiterte, tiefe Modell *DeepWaterSupply* basiert strikt auf dem für alle DeepActor-Modelle verbindlichen DeepActor-Framework und dem gemeinsam durch alle sozioökonomischen Gruppen entwickelten Multiakteur-Ansatz (MAS). Die technische Umsetzung des DeepActor-Frameworks ist in Kapitel E2 (DANUBIA), die grundlegende Strategie des MAS in Kapitel E3 beschrieben. Akteure in diesem tiefen Modell sind die WSC,

die in drei Typen (Gemeinde-, Gruppen- und Fernwasserversorgung) gegliedert sind (siehe auch Kapitel 2.2.2). Übergeordnetes Ziel eines Wasserversorgungs-Akteurs ist es, die Versorgung aller angeschlossenen Verbraucher sicherzustellen. Er ist deshalb bemüht - im Sinne einer nachhaltigen Planung - Bedarf und Angebot zu beobachten und absehbaren Engpässen entgegenzuwirken. Die Beobachtung von Bedarf und Angebot erfolgt über die Auswertung der Übergabeparameter der anderen Akteurmodelle (Bedarf) und der Modelle *Soil*, *RiverNetwork* und *Groundwater* (Angebot). Das Angebot wird analysiert und in einer fünfstufigen Bewertung zusammengefasst („Flaggen“, s.u.).

Neu gegenüber dem flachen Modell (siehe Kapitel 2.2.2) ist die Berechnung der „Flaggen“, die eine klassifizierte Mitteilung über den mengenmäßigen und qualitativen Zustand von Grundwasser- (und Oberflächenwasser-) Ressourcen darstellen. Die Flaggeninformation beinhaltet im Bezug auf die zur Entnahme zur Verfügung stehende Menge sowohl das aktuelle Dargebot (wobei der Begriff Dargebot hier alle technischen, physikalischen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte umfasst) als auch das Risiko einer zukünftigen Übernutzung. Das grundlegende Konzept der Flaggen als Mittel für den Informationsaustausch zwischen den sozioökonomischen und den naturwissenschaftlichen Modellen in DANUBIA wird in Kapitel E3 vorgestellt.

Das Modell *DeepWaterSupply* berechnet zwei Flaggentypen (siehe Tabelle 2 in Kapitel E3):

groundwaterQuantityFlag (GQF): Mengenmäßiger Zustand der Grundwasserressourcen bezogen auf Monat und Zone,

drinkingwaterQuantityFlag (DQF): Mengenmäßiger Zustand der Trinkwasserversorgung bezogen auf Monat und versorgte Gemeinde.

Eine GQF sagt etwas über den Zustand des Grundwassers in einer Zone (siehe Abschnitt 2) aus, während die DQF den Zustand der Wasserversorgung im Versorgungsgebiet einer WSC beschreibt. Damit ist die DQF für alle Akteure relevant, die Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung beziehen (z.B. Haushalte), die GQF für alle Direktnutzer (Wasserversorger, Industrie etc.). Zwischen dem Zustand des Grundwassers und dem durch die Versorgungsunternehmen mitgeteilten Zustand der Trinkwasserversorgung, können sich in Abhängigkeit des angenommenen Verhaltens der WSC, deutliche Unterschiede ergeben.

Die GQF wird aus *groundwaterLevel*, *inExfiltration* (*Grundwasserzu- und Grundwasserabstrom aus Oberflächengewässern*) und *groundwaterRecharge* berechnet, die wiederum von den Komponenten *Groundwater*, *Rivernetwork* und *Landsurface* (siehe Kapitel E2) berechnet werden. Die DQF wird über ein gewichtetes Mittel der GQF sämtlicher Entnahmestellen einer WSC berechnet. Der Anteil an der jeweiligen Gesamtfördermenge stellt den Gewichtungsfaktor dar.

Die DQF beinhaltet auch Informationen zum Verhalten bzw. zu den Präferenzen der einzelnen Wasserversorgungsakteure. Die Akteure können in unterschiedlichem Maße „sensitiv“ reagieren. So kann die Entscheidung, wann ein Grundwasserkörper nicht mehr für die Erweiterung der Kapazitäten oder neue Erschließung genutzt werden kann, bei unterschiedlichen GQF-Werten (3, 4 oder 5) getroffen werden. Beim so genannten „nicht-sensitiven“ Verhalten werden die GQF beispielsweise überhaupt nicht berücksichtigt. Im gleichen Zug entscheidet der WSC-Akteur, ob und wie er die Zustandswerte der GQF in Form der DQF an die Endverbraucher weitergibt. Das Verhalten der WSC-Akteure wird über Szenariendefinitionen festgelegt. Flaggen werden im Modell sowohl intern verwendet als auch als Exportparameter zur Verfügung gestellt (siehe Abschnitt 4).

Eine zusätzliche wesentliche Erweiterung besteht im Treffen von Entscheidungen (= Auswahl von Plänen) für den Fall, dass das Angebot bzw. dessen Zustand die Deckung des Bedarfs der wasserverbrauchenden Akteure nicht zulässt. Dem Wasserversorgungsakteur stehen vier Handlungsoptionen (bzw. Pläne) zur Verfügung,

1. **Standardverhalten:** keine Veränderung der Entnahme- und Versorgungsstrukturen
2. **Kapazität bestehender Entnahmestellen erhöhen** – falls möglich. Wenn nicht, dann:
3. **Neue Entnahmestellen erschließen.** Wenn nicht, dann:
4. **Krisenmanagement:** Nicht näher spezifizierte Maßnahmen wie die Anlieferung von Wasser mit Tankwagen.

Die Frage, welche Pläne umsetzbar sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab.

- dem Typ des WSC-Akteurs und der ihm zugewiesenen Ressourcen und Kapazitäten
- dem Zustand der Ressourcen, d.h. der Flaggenwerte in den Zonen, aus denen die WSC entnimmt oder entnehmen darf
- der in Form von Szenarien wählbaren Sensitivität der WSC gegenüber kritischen Zuständen des Grundwassers. Dies wird z.B. durch Vorgaben darüber, welcher Flaggenwert als Schwellenwert für das Einstellen der Entnahme aus einer Zone verwendet wird, gesteuert.

4. Darstellung der Ergebnisse

Über die vielfältigen Ergebnisse des flachen Modells (siehe Kapitel 2.2.2) hinaus liefert das tiefe Akteurmodell eine ganze Reihe planerisch relevanter Ergebnisse. Hierbei ist besonders zu betonen, dass die Modellergebnisse nicht lokal interpretiert und angewendet werden sollten (also z.B. zur Beurteilung eines Brunnens, eines einzelnen Wasserversorgungsunternehmens), da die Datengrundlage dies nicht erlaubt. Auch Interpretationen kurzfristiger Schwankungen sind nicht zulässig. Die Ergebnisse zeigen regionale, mittel- und langfristige Tendenzen an. Grundsätzlich können die folgenden Ausgabeparameter ausgewertet werden:

a) Die räumlich-zeitliche Verteilung der Flaggen GQF und DQF

b) Die Planauswahl der Unternehmen:

Der Verlauf der Planauswahl einzelner, mehrerer oder aller Unternehmen über einen Modelllauf zeigt an, ob Unternehmen dazu gezwungen sind, Maßnahmen zu ergreifen, die einen Ausbau der Infrastruktur (Pläne 2 und 3) oder Notfallmaßnahmen erfordern (Plan 4).

Die Kartendarstellungen im Kartenblatt zeigen die Ergebnisse der Flaggenberechnungen, da diese den aus integrativer Sicht höchsten Informationsgehalt aufweisen. Gezeigt wird eine Sequenz von jeweils 8 Karten der räumlichen Verteilung der GQF und der daraus abgeleiteten DQF. Aus darstellerischer Sicht etwas ungünstig ist der Umstand, dass die Flaggen unter den Bedingungen der Vergangenheit sowie unter der Annahme plausibler Klimaszenarien nur wenig Variabilität zeigen. Der Zustand der Grundwasserressourcen (GQF) in der Vergangenheit war bis auf sehr wenige und kurzfristige Ausnahmen (z.B. 1976, 2003) sehr gut. Die Trinkwasserversorgung in Gebieten mit ungünstigen hydrogeologischen Verhältnissen wird seit langem durch den Transfer von Wasser sichergestellt. Um das Berechnungsprinzip und die Ziele der Berechnungen klarer verdeutlichen zu können, wurde den Kartendarstellungen ein „business as usual“ Klimaszenario und ein „normales“ Verhalten der WSC zugrunde gelegt, welches eine kontinuierliche Fortsetzung der klimatischen Entwicklung der letzten drei Jahrzehnte annimmt und zugrundelegt, dass ein WVU sich kleineren Schwankungen des Grundwasserzustands gegenüber weder extrem „sensitiv“ noch extrem „ignorant“ verhält.

Es ist deutlich zu erkennen, dass eine leichte Verschlechterung des Zustands der Grundwasserressourcen (ansteigende GQF-Werte) durch das hochentwickelte Versorgungsnetz ausgeglichen werden kann, so dass der Zustand der Trinkwasserversorgung im EZG im Allgemeinen gut bis sehr gut bleibt.

Literatur

Barthel, R., Janisch, S., Schwarz, N., Trifkovic, A., Nickel, D., Schulz, C., Mauser, W. (2008): *An integrated modelling framework for simulating regional-scale actor responses to global change in the water domain*. Environmental Modelling and Software (im Druck, online verfügbar: doi:10.1016/j.envsoft.2008.02.004