S1 GLOWA-Danube-Szenarien

1. Einleitung

Unter Szenarien versteht man sprachlich ausformulierte, hypothetische Zukunftsbilder (Götze, 1991). Sie enthalten quantitative und/oder qualitative Annahmen über mögliche Zustände in der Zukunft und unterstützen die Entscheidungsvorbereitung. Szenarien werden durch die Kombination verschiedener Elemente beschrieben. Im vorliegenden Fall handelt es sich konkret um die Ausprägungen von Schlüsselfaktoren innerhalb oder außerhalb der einzelnen Modelle.

Folgende weiterführenden Annahmen werden bezüglich der Szenarien getroffen:

- Szenarien sind keine Vorhersage der Zukunft. Es wird von ihnen auch nicht erwartet, dass sie „richtig" sind.
- Szenarien müssen plausibel und in sich schlüssig sein.
- Szenarien müssen insofern relevant sein, dass sie mögliche zukünftige Unwägbarkeiten und Konflikte aufzeigen.

Ausgehend von diesen Leitlinien wurden die Szenarien in GLOWA-Danube, wie sie im Folgenden beschrieben werden, entwickelt.

2. Entstehung und Logik der GLOWA-Danube-Szenarien

Ein GLOWA-Danube-Szenario in seiner vollen Komplexität beschreibt einen möglichen Verlauf des Klimas und der gesellschaftlichen Entwicklung in der Zukunft. Dabei werden sowohl naturwissenschaftlich getriebene Klimaszenarien als auch akteurgetriebene Gesellschaftsszenarien in DANUBIA umgesetzt.

Prinzipiell gibt es unendlich viele Szenarien, die a priori alle den gleichen Anspruch auf Gültigkeit erheben können. Deswegen bestand die erste Aufgabe darin, das historisch verfügbare, klimatologische und gesellschaftliche Wissen zu nutzen, um die Anzahl der verwendeten GLOWA-Danube-Szenarien auf die nach heutigem Wissen Wahrscheinlichen soweit zu beschränken, dass möglichst sichere Aussagen entstehen. Entsprechend wird hier lediglich ein Ausschnitt möglicher/denkbarer und plausibler Szenarien abgedeckt, der hypothetisch an jeder Stelle mit den hinreichenden Inputs beliebig erweiterbar ist.

Die im Weiteren dargelegte Herangehensweise zur Erstellung von GLOWA-Danube-Szenarien ist das Resultat mehrerer Projekt-Workshops, in denen das verfügbare Wissen über die zukünftigen regionalen Entwicklungen von Klima und Gesellschaft eingehend diskutiert und bewertet wurden. Die hier vorgestellte Logik der GLOWA-Danube-Szenarien wurde mit den am GLOWA-Danube Projekt beteiligten Stakeholdern in mehreren Stakeholderworkshops diskutiert und von ihnen befürwortet.

Ein GLOWA-Danube-Szenario besteht aus zwei Elementen, die miteinander verbunden sind: Einem Klimaszenario, welches verschiedene Ausprägungen annehmen kann, sowie einem Gesellschaftsszenario, das unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen stattfinden kann, da das Klima von außen auf die Gesellschaft einwirkt.

Aus der Kombination eines regionalen Klimatrends mit einer Klimavariante ergibt sich ein Klimaszenario (siehe Kapitel S2, S4 und S5). Mit Hilfe verschiedener Methoden wurden bisher insgesamt vier Klimatrends und sechs Klimavarianten definiert, die für die Erstellung eines GLOWA-Danube-Szenarios zur Verfügung stehen. Vier Klimavarianten sind aus dem Klima der Vergangenheit mit einem Klimaantriebs-Generator (siehe Kapitel S3) statistisch generiert, zwei Klimavarianten beruhen auf bias-korrigierten Ergebnissen regionaler Klimamodelle (siehe Kapitel S5).

Daneben gibt es gesellschaftliche Treiber, die insbesondere die Akteur-Modelle betreffen. Diese Gesellschaftsszenarien existieren in drei Ausprägungen. Sie werden detailliert in Kapitel S6 beschrieben.

Bezüglich der Eintrittswahrscheinlichkeit werden für die Szenarien keine Aussagen getroffen. Eine Ausnahme bilden die mit dem statistischen Klimaantriebs-Generator gebildeten Klimavarianten (siehe Kapitel S3).

3. Szenarien-Zeitraum

GLOWA-Danube-Szenarien decken den Zeitraum 2011 bis 2060 ab und es wird ein Bezugszeitraum von 1971 bis 2000 definiert, zu dem die Veränderungen berechnet werden. Der ausgewählte Szenariozeitraum umfasst damit 50 Jahre. Obwohl die meisten Klimamodelle bis 2100 rechnen, wurde für GLOWA-Danube entschieden, mit 2060 einen früheren Endzeitpunkt zu wählen, um den sozial-wissenschaftlichen Modellen und den damit verbundenen Szenarien gerecht zu werden, da bei ihnen potentiell eine noch größere Unsicherheit hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen besteht.

> Die je nach Fragestellung spezifisch abgestimmte Auswahl eines GLOWA-Danube-Szenarios erlaubt es, die Auswirkungen des Klimawandels auf ein breites Spektrum von Sektoren zu analysieren und daraus ableitend verschiedene Maßnahmen für die Anpassung an und die Vermeidung von Klimafolgen zu identifizieren, zu simulieren und schließlich ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

4. Szenarienauswahl

Abbildung S1.1 zeigt schematisch Struktur und Entstehungsweg eines GLOWA-Danube-Szenarios. Aus jeder Spalte wird eine Option gewählt und so das Szenario je nach Fragestellung individuell zusammengestellt. Prinzipiell sind alle Auswahlkriterien miteinander kombinierbar, eine Ausnahme bilden die beiden aus bias-korrigierten Ergebnissen regionaler Klimamodelle gebildeten Klimavarianten (siehe Erläuterungen unter Abbildung S1.1).

Das **erste Auswahlkriterium** (Auswahl 1) bei der Zusammenstellung eines GLOWA-Danube-Szenarios betrifft den **Klimatrend**: Auf der Grundlage des globalen *IPCC* Emissionsszenarios A1B stehen vier plausible regionale Klimatrends zur Verfügung. Die Klimatrends unterscheiden sich hinsichtlich der Stärke des Temperaturanstiegs und der prozentualen Niederschlagsveränderung (siehe Kapitel S2).

Allerdings geben die Klimatrends lediglich Auskunft über die generelle Klimaentwicklung. Die meteorologischen Antriebsdaten für DANUBIA werden mit der **zweiten Auswahlmöglichkeit** (Auswahl 2), den Klimavarianten, bestimmt. Sie entstammen einerseits dem statistischen Klimaantriebs-Generator (siehe Kapitel S3), der unter Beachtung stochastischer Regeln aus historischen meteorologischen Messreihen eine Reihe von unterschiedlichen meteorologischen Zeitreihen als Klimaantrieb erzeugt. Aus dieser Zeitreihe werden dann nach vorgegebenen Kriterien solche herausgesucht, die interessante Szenarien bilden, also eine besondere Herausforderung darstellen. Auf der anderen Seite können Klimavarianten auf Ergebnissen der regionalen Klimamodelle nach Bias-Korrektur und Downscaling beruhen (siehe Kapitel S5). Derzeit gibt es zwei solche Klimavarianten, die die Modelle *REMO* und *MM5* betreffen.

Die Auswahlmöglichkeit der Klimavariante kann als Spezifizierung des Klimaszenarios angesehen werden. Sie eignet sich dazu, besondere Fragestellungen zu untersuchen wie z.B. das Verhalten der Grundwasserspeicher unter der Bedingung von *5 aufeinander folgenden trockenen Jahren* (4. Variante).

Die **dritte Auswahl** betrifft das **Gesellschaftsszenario** (Auswahl 3). Neben einem *Baseline*-Szenario, das den Status Quo fortführt, stehen zwei gegensätzliche Szenarien zur Auswahl. Eine ausführliche Beschreibung der Gesellschaftsszenarien findet in Kapitel S6 statt.

Eine **vierte Auswahloption** gibt es bezogen auf **Maßnahmen** (Auswahl 4). Eine Maßnahme ist ein gezielter, punktueller Eingriff (in Raum und/oder Zeit), um einer Entwicklung im ausgewählten Szenario entgegenzuwirken oder sie zu unterstützen; dies kann z.B. der Einsatz von Schneekanonen in Gebieten, in denen der Tourismus von Schneemangel bedroht ist, im *Allgemeinwohl*-Szenario sein. Der Maßnahmenkatalog spannt den Raum der von außen gesetzten Handlungsoptionen auf. Diese Auswahlmöglichkeit ist optional.

Durch die vorgegebene Logik der GLOWA-Danube-Szenarien kann sich unter verschiedenen Klimatrends und Klimavarianten die Gesellschaft auch selbst entwickeln und unterschiedliche Richtungen im Sinne von gesellschaftlichem Wandel, der den Alltag, Zeitgeist sowie die Wahrnehmung unterschiedlichster Themen bestimmt, einschlagen.

Die hier beschriebene Vorgehensweise ist Grundlage für die Definition aller im Projekt GLOWA-Danube benutzten Zukunftsszenarien. Sie erlaubt es, auf einfache und nachvollziehbare Weise aus globalen Trends für die Entwicklung von Klima und Gesellschaft regionale Szenarien in verschiedensten Varianten abzuleiten und diese mit den Stakeholdern zu diskutieren. Bei der Anwendung des gewählten Konzeptes hat es sich als hilfreich herausgestellt, dass sich damit die Ergebnisse der Szenario-Simulationen in einfacher, eindeutiger und transparenter Form als „unter den Szenariobedingungen Klimatrend u, Klimavariante v und Gesellschaftsszenario w sind folgende Ergebnisse x modelliert worden" darstellen und dokumentieren lassen.

Autoren

S. Kuhn[1], A. Ernst[1], W. Mauser[2]
[1]Center for Environmental Systems Research (CESR), Universität Kassel
[2]Department für Geographie, Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung, Ludwig-Maximilians-Universität München

Literatur

de Vries, J. & Perry, T. (2007): *Der demografische Wandel und die Zukunft der Gesellschaft.* Navigator. Der Newsletter von SinusSociovision, Ausgabe 2/2007.
Götze, U. (1991): *Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung*. Wiesbaden: DUV.

Auswahl 1: Klimatrend	Auswahl 2: Klimavariante	Auswahl 3: Gesellschafts-szenario	Auswahl 4: Maßnahme
IPCC regional	*Baseline*[1]	*Baseline*	*Maßnahme 1*
REMO regional	*5 warme Winter*[1]	*Performance*	*Maßnahme 2*
MM5 regional	*5 heiße Sommer*[1]	*Allgemeinwohl*	*Maßnahme...*
Fortschreibung	*5 trockene Jahre*[1]		
	REMO skaliert & biaskorrigiert[2]		
	MM5 skaliert & biaskorrigiert[2]		

[1]aus Klimaantriebs-Generator (siehe Kapitel S3)

[2]aus regionalen Klimamodellen (siehe Kapitel S6) in Verbindung mit Klimatrend *REMO regional*, bzw. *MM5 regional*

Abbildung S1.1: Szenariomatrix in GLOWA-Danube.
Ein komplettes Szenario besteht aus einem Pfad von links nach rechts: eine Auswahl 1 + eine Auswahl 2 + eine Auswahl 3; Auswahl 4 ist optional. Prinzipiell können alle Möglichkeiten miteinander kombiniert werden. Eine Ausnahme bilden die Klimavarianten *REMO skaliert & biaskorrigiert* und *MM5 skaliert & biaskorrigiert*: sie können lediglich in Kombination mit den Klimatrends *REMO regional* und *MM5 regional* ausgewählt werden.

Auswahl 1: Klimatrend	Auswahl 2: Klimavariante	Auswahl 3: Gesellschafts-szenario	Auswahl 4: Maßnahme
1. Trend – *IPCC regional:* Temperaturanstieg: +3.3 Grad Niederschlagsänderung: +7% Winter, -14% Sommer	**1. Variante – *Baseline:*** mittlere Temperatur aus 5000 Realisierungen 2011 - 2035	**1. Szenario – *Baseline:*** Ein business as usual-Szenario, das den Status Quo weiterführt	Auswahl aus allen Modell-parametern innerhalb der Teil-modelle, um einzelne vorhan-dene Variablen gezielt auf ihre Auswirkungen zu untersuchen. Diese Auswahlmöglichkeit ist optional.
2. Trend – *REMO regional:* Temperaturanstieg: +5.2 Grad Niederschlagsänderung: -4.9% Winter, -31.4% Sommer	**2. Variante – *5 warme Winter:*** die 5 wärmsten aufeinander folgenden Winter 2011 - 2035 innerhalb der oberen 5% von 5000 Realisierungen	**2. Szenario – *Performance:*** Szenario mit freiem Wettbewerb	
3. Trend – *MM5 regional:* Temperaturanstieg: +4.7 Grad Niederschlagsänderung: +7.7% Winter, -28.7% Sommer	**3. Variante – *5 heiße Sommer:*** die 5 heißesten aufeinander folgenden Jahre 2011 - 2035 innerhalb der oberen 5% von 5000 Realisierungen	**3. Szenario – *Allgemeinwohl:*** Szenario mit Rückbesinnung auf gesamtgesellschaftliche Verantwortung	
4. Trend – *Fortschreibung:* Temperaturanstieg: +5.2 Grad Niederschlagsänderung: +47% Winter, -69% Sommer aus Korrelation Niederschlag - Temperatur (1960-2006)	**4. Variante – *5 trockene Jahre:*** die 5 trockensten aufeinander folgenden Jahre 2011 - 2035 innerhalb der oberen 5% von 5000 Realisierungen		
	5. Variante – *REMO skaliert & biaskorrigiert:* Temperaturanstieg: +5.2 Grad Niederschlagsänderung: -1.4%Winter, -32.6% Sommer		
	6. Variante – *MM5 skaliert & biaskorrigiert:* Temperaturanstieg: +4.7 Grad Niederschlagsänderung: +8.4% Winter, -29.4% Sommer		

Abbildung S1.2: Spezifizierung der Szenariomatrix in GLOWA-Danube.