

## 4 Schritt 3: Modellierung und Abschätzung von Szenarieneffekten

Im Folgenden werden Datenerfassung und Methoden zur Modellierung und kriterienbezogenen Abschätzung der Effekte der verschiedenen Szenarien dargelegt, deren Ergebnisse in Schritt 4 des Bewertungsverfahrens einfließen.

### 4.1 Grundwasserneubildung und –entnahme

*Martin Volk und Stefan Geyle*

#### 4.1.1 Grundwasserneubildung

##### a) Anliegen und Problemstellung

Ein Schwerpunkt des Verbundprojektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet – untersucht am Beispiel des Torgauer Raumes“ stellt die Analyse des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung bzw. Grundwasserquantität dar. Dieser Faktor fließt neben den Untersuchungen zur Grundwasserqualität als Nachhaltigkeitsindikator in die ökologisch-ökonomisch-soziale Bewertung ein. Dabei werden die Einflüsse zukünftiger Entwicklungen über Szenarien abgeschätzt. Die Berechnungen der Grundwasserneubildung erfolgten mit dem Abflussbildungsmodell „ABIMO“ (vgl. Glugla/Fürtig 1997; Rachimov 1996).

##### b) Datengrundlagen und Methodik

Aufgrund umfangreicher Vorarbeiten im Projekt (vgl. Kunze 1998; Herzog/Kunze 1999) lagen die Eingangsdaten bereits in modellgerechter Form vor (vgl. Kunze 1998; Herzog/Kunze 1999; Neubert 2000; Volk, Herzog und Schmidt 2001), mussten jedoch gemäß den Anforderungen der einzelnen Entwicklungsrahmen (Waldumbau, Aufforstung, Zunahme an Versiegelungsflächen, Kieslagerstätten) verändert werden. Für die Entwicklungsrahmen REALO und GRÜNDERZEIT ergaben sich aufgrund unterschiedlicher, angenommener Bedingungen für den Kiesabbau jeweils vier Szenarien (Jahr 2030, vgl. Kap. 2.4.1). Für den Zeitschnitt „1993“ konnte auf Daten zur Flächennutzung sowie auf eine Berechnung der Grundwasserneubildung zurückgegriffen werden (vgl. Herzog/Kunze 1999). Für diese Berechnung lagen als Zusatzparameter Angaben zum Sommerniederschlag, zur Beregnung sowie zu den Begründungsjahren des Waldbestandes vor. Da die genannten Angaben aber für die Zukunftsszenarien nicht verfügbar sind – die zudem von einem quasistabilen Zustand ausgehen - wurden die betreffenden Zusatzwerte in den Datenbanken (ArcView) entfernt. Zudem wurde die Ertragsklasse landwirtschaftlicher Nutzformen (Standardzahl ERT = 35)<sup>33</sup> für Grünland aus den mittleren Erträgen für Elbaue (Ertragsklasse 50) und Heide (Ertragsklasse 40) abgeleitet und in den Daten-

---

<sup>33</sup> Diese Zahl drückt den unterschiedlichen Umfang der Vegetationsentwicklung aus. Die Zahl liegt bei gleichen Bedingungen in der Regel für Grünland höher, da hier die Vegetationsbedeckung über einen längeren Zeitraum während des Jahres vorhanden ist als bei zeitweise unbedecktem Ackerland.

banken (ArcView) korrigiert<sup>34</sup>. Bei Ackerland wurde weiterhin die vorgeschlagene Standardzahl verwendet, da sich eine Ableitung aus den komplexen und zeitlich abhängigen Verhältnissen, die sich aus den Fruchtfolgen ergeben, als nicht sinnvoll angesehen wurde. Diese Änderungen wurden auch für alle Szenarien übernommen.

Die vorgenommenen Korrekturen machten eine Neuberechnung erforderlich. Auf diese Weise wurden gleiche Ausgangsbedingungen geschaffen und eine Vergleichbarkeit der Berechnungsergebnisse innerhalb der Szenarien ermöglicht.

Bei den Grundlagendaten zur Berechnung der Szenarien wurden folgende Änderungen im Vergleich zum Basisjahr durchgeführt

### 1. Alle Szenarien

- Aufforstung: Übernahme der digital vorhandenen Aufforstungsflächen (vgl. Volk, Horsch; Härtel 2000)

Auf die Berechnungen zur Grundwasserneubildungsrate haben die Annahmen zum Entwicklungsrahmen SPARFLAMME keinen Einfluß, so daß hier nur die beiden Entwicklungsrahmen REALO (R) und GRÜNDERZEIT (G) berücksichtigt wurden.

### 2. Entwicklungsrahmen REALO

- (GWN)-Szenarien R<sub>1</sub> bis R<sub>4</sub>: Zusätzliche Versiegelungsflächen: Digitalisierung der zusätzlichen Versiegelungsflächen (gemeindebezogener Flächenzuwachs abgeleitet nach ökonomischen Kriterien, vgl. Geyley 2001) aus Flächennutzungsplänen (Baugebiete).

Vorarbeit: Digitalisierung der potenziellen Kieslagerstätten (Flächen abgeleitet nach ökonomischen Kriterien, vgl. Messner 2001, Messner et al. 2001) des realistischen Entwicklungsrahmens.

- Szenario R<sub>1</sub>: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“ und „Arzberg-Blumenberg“ zu einem Coverage (E1).
- Szenario R<sub>2</sub>: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“ und „Dautzsch“ zu einem Coverage (E2).
- Szenario R<sub>3</sub> und R<sub>4</sub>: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“ und „Sitzenroda“ zu einem Coverage (E3).

<sup>34</sup> Die Korrekturen erfolgten zeitlich nach Abschluss der Untersuchungen von Neubert (2000), so dass hier geringe Abweichungen von den dort angegebenen Werten auftreten.

### 3. Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT

- (GWN)-Szenarien G<sub>1</sub> bis G<sub>4</sub>: Zusätzliche Versiegelungsflächen: Digitalisierung der zusätzlichen Versiegelungsflächen (gemeindebezogener Flächenzuwachs abgeleitet nach ökonomischen Kriterien (vgl. Kap. 2.2.5) aus Flächennutzungsplänen (Baugebiete).

Vorarbeit: Digitalisierung der potenziellen Kieslagerstätten (Flächen abgeleitet nach ökonomischen Kriterien, vgl. Kap. 2.2.2 und Kap. 2.3.1) des optimistischen Entwicklungsrahmens.

- Szenario G<sub>1</sub>: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“, „Arzberg-Blumenberg“ und „Arzberg-Kötten“ zu einem Coverage (E4).
- Szenario G<sub>2</sub>: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“, „Sitzenroda“, „Dautzschen“ und „Arzberg-Blumenberg“ zu einem Coverage (E5).
- Szenario G<sub>3</sub> und G<sub>4</sub>: Zuweisung der Flächenpolygone der potenziellen Kieslagerstätten „Liebersee I/II und III“ und „Sitzenroda“ zu einem Coverage (E6).

Anschließend wurden die den jeweiligen Szenarien entsprechenden Dateien (Coverages) im Geographischen Informationssystem miteinander verschnitten (Befehl „UNION“ in Arc/Info), wobei gleichzeitig die Geometrien der Trinkwasserschutzzonen mit Status 1999 und 2000 (jeweils codiert) und der modifizierten naturräumlichen Gliederung (jeweils codiert, Elbaue und Heide) hinzugefügt wurden. Damit wurde eine Datenbank geschaffen, die eine Verwaltung und Auswertung aller relevanten Informationen ermöglichte. Folgende Verschneidungsoperationen wurden vorgenommen:

#### *Entwicklungsrahmen REALO:*

- Szenario R<sub>1</sub>: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER<sub>real</sub>) + Kieslagerstätten E1 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume
- Szenario R<sub>2</sub>: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER<sub>real</sub>) + Kieslagerstätten E2 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume
- Szenario R<sub>3</sub> und R<sub>4</sub>: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER<sub>real</sub>) + Kieslagerstätten E3 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume

#### *Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT:*

- Szenario G<sub>1</sub>: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER<sub>pos</sub>) + Kieslagerstätten E4 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume

- Szenario G<sub>2</sub>: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER<sub>pos</sub>, KAN) + Kieslagerstätten E5 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume
- Szenario G<sub>3</sub> und G<sub>4</sub>: Grundwasserflurabstandsklasse (FLK) + Klima (P1, ETP) + Boden (BOD, nFK, ERT) + Landnutzung (NUT, BAU, VER<sub>pos</sub>) + Kieslagerstätten E6 + Trinkwasserschutzzonen + Naturräume

Nach den Verschneidungsoperationen wurden in den Attributtabelle (Datenbank) der im Rahmen der Szenarien umgewidmeten Flächen (Polygone) Korrekturen vorgenommen, damit die veränderten Bedingungen bei der Berechnung der Grundwasserneubildung zum Tragen kommen konnten:

#### 4. Alle Szenarien

- Aufforstungsflächen: Selektion der betreffenden Flächenattribute in der Datenbank (ArcView) und Zuweisung „W“ (Wald) in der Spalte Landnutzung „NUT“ sowie „L“ (Laubwald) in der Spalte Baumart („BAU“).

#### 5. Entwicklungsrahmen REALO

- (GWN)-Szenarien R<sub>1</sub> bis R<sub>4</sub> (Definition der spezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der zusätzlichen Versiegelungsflächen in der Datenbank (ArcView) und Zuweisung „30% versiegelt“ in der Spalte Versiegelungsgrad (VER) für landlich geprägte Gebiete sowie „45% versiegelt“ für städtisch geprägte Gebiete, sowie Zuweisung „90%“ Grad in der Spalte Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN).
- Szenario R<sub>1</sub> bis R<sub>4</sub> (Definition der kiesspezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der verschiedenen Kies-szenarien in den Datenbanken und Zuweisung „G“ (Gewässer) in der Spalte Landnutzung (NUT) sowie den Wert „700“ in der Spalte potenzielle Evapotranspiration („ETP“) und „0“ in den Spalten Versiegelungsgrad (VER), Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN) und Ertragsklasse (ERT).

#### 6. Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT

- (GWN)-Szenarien G<sub>1</sub> bis G<sub>4</sub> (Definition der spezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der zusätzlichen Versiegelungsflächen in der Datenbank (ArcView) und Zuweisung „30% versiegelt“ in der Spalte Versiegelungsgrad (VER) für landlich geprägte Gebiete sowie „45% versiegelt“ für städtisch geprägte Gebiete, sowie Zuweisung „90%“ Grad in der Spalte Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN).

- Szenario G<sub>1</sub> bis G<sub>4</sub> (Definition der kiesspezifischen Charakteristika zur Berechnung der Grundwasserneubildung): Selektion der betreffenden Polygone der verschiedenen Kies-szenarien in den Datenbanken und Zuweisung „G“ (Gewässer) in der Spalte Landnutzung (NUT) sowie den Wert „700“ in der Spalte potenzielle Evapotranspiration („ETP“) und „0“ in den Spalten Versiegelungsgrad (VER), Regenwasserkanalisation versiegelter Flächen (KAN) und Ertragsklasse (ERT).

### c) Ergebnisse

Die Ergebnisse zur Berechnung der Grundwasserneubildung sowie die Angaben zur Daten- und Modellunsicherheit werden in Volk et al. (2001) umfassend behandelt. Daher sollen sie an dieser Stelle und in Kapitel 4 zusammengefasst dargestellt werden.

#### Basisjahr (1993)

Für das Untersuchungsgebiet wurde eine mittlere Grundwasserneubildungsrate von ca. 133 mm/a berechnet. Die Ergebnisse der Berechnungen erlauben eine regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der vorherrschenden naturräumlichen Bedingungen und Landnutzungsarten. Erwartungsgemäß werden dabei die höchsten Werte in den Heidegebieten mit durchlässigen, sandigen Böden unter Ackerland erreicht, in denen auch die höchsten Niederschläge zu verzeichnen sind. Geringere Raten werden im Elbtal aufgrund der geringeren Durchlässigkeit der hier vorherrschenden Böden sowie der geringeren Niederschläge verzeichnet. Generell ist die Grundwasserneubildung bei gleichen Boden- und Niederschlagsverhältnissen unter Waldflächen aufgrund der höheren Verdunstungsraten geringer als z.B. unter Ackerland oder Grünland. Flächen negativer bzw. sehr geringer Grundwasserneubildung befinden sich – neben den Wasserflächen – hauptsächlich in der Annaburger Heide sowie zwischen Torgau und Mockrehna, als Folge geringer Grundwasserflurabstände und – damit verbunden – erhöhter Verdunstungsraten.

#### Szenarien (2030)

Die regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung bleibt auch im zeitlichen Verlauf der Szenarien grundsätzlich erhalten. Folgende Veränderungen sind bei den Szenarien im Vergleich zum Basisjahr (1993) zu erkennen:

- Zusätzlich versiegelte Flächen sowie die aufgeforsteten Flächen führen zu einer Verringerung der Grundwasserneubildung (Erhöhte Verdunstung und Oberflächenabfluss).
- Simulierte Waldumbaumaßnahmen (Nadelwald zu Laubwald) führen vor allem in den Heidegebieten zu einer Erhöhung der Grundwasserneubildung (Verringerte Verdunstung).

- Geringe Auswirkungen haben die aufgrund der angenommenen Kiesabbaumaßnahmen simulierten zusätzlichen Wasserflächen (Erhöhung der Verdunstungsrate und Verringerung der Grundwasserneubildung).

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt.

Tab. 1: Mittlere Grundwasserneubildung (flächengewichtet) für die Szenarien im Torgauer Raum (Basisjahr und 2030).

	Basisjahr (1993)	2030					
		Entwicklungsrahmen „Realo“			Entwicklungsrahmen „Gründerzeit“		
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub> & R <sub>4</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub> & G <sub>4</sub>
Grundwasserneubildungsrate in mm/a	132,9	129,9	130,3	129,9	129,4	129,5	129,7
Menge in Mio. m <sup>3</sup> /a	91,20	89,14	89,42	89,14	88,87	88,87	89,01

Insgesamt überwiegen solche Effekte leicht, die sich mindernd auf die Grundwasserneubildung auswirken. Aufgrund der positiven Wirkungen des Waldumbaus werden die Einflüsse für den Gesamttraum jedoch nahezu kompensiert. Zwischen den Szenarien innerhalb der Entwicklungsrahmen sind die Veränderungen auf die unterschiedlichen Kiesszenarien beschränkt.

Die Verringerung der Grundwasserneubildung beim Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT im Vergleich zum Entwicklungsrahmen REALO ist auf den höheren Anteil an versiegelten Flächen zurückzuführen. Die Veränderungen der Grundwasserneubildung erscheinen im Hinblick auf die Mittelwerte für den Gesamttraum als gering.

Deutliche Unterschiede ergeben sich aus der lokalen Betrachtung der veränderten Teilflächen. Im Vergleich zum Basisjahr 1993 weisen die umgewidmeten Flächen (Aufforstung, Siedlungsflächen) verminderte Grundwasserneubildungsraten von über 80 mm/a auf. Für detaillierte Untersuchungen dieser lokalen Bereiche sind andere Modellsysteme und Datengrundlagen mit höherer räumlich-zeitlicher Auflösung erforderlich. Im Bereich von geplanten Kieslagerstätten und der damit verbundenen Neuentstehung von Wasserflächen liegen die Grundwasserneubildungsraten erwartungsgemäß im negativen Bereich, was auf die hohen Verdunstungsraten über Wasserflächen zurückzuführen ist. Tab. 2 zeigt die Unterschiede der errechneten Grundwasserneubildungsraten im Bereich der umgewidmeten Flächen im Vergleich des Ist-Zustandes (1993) zu und zwischen ausgewählten Szenarien.

Tab. 2: Grundwasserneubildungsraten im Bereich umgewidmeter Flächen: flächengewichtetes Mittel der jährlichen Grundwasserneubildung für diejenigen Flächen, für die in den Szenarien eine Änderung der Flächennutzung vorgenommen wurde.

Fläche	Ist-Zustand (1993, ohne Umwidmung)	Entwicklungsrahmen REALO (2030, Szenario R <sub>1</sub> )
Aufforstung (ca. 1.900 ha)	163,6 mm/a	81,4 mm/a (-50,2%)
Versiegelungsfläche (ER „Realo“, ca. 1.533 ha)	168,5 mm/a	131,4 mm/a (-22,0%)
Wald (Waldumbau, ca. 20.000 ha)	91,7 mm/a	93,7 mm/a (+2,2%)
Kiesabbau (166,84 ha)	115,1 mm/a	-105,7 mm/a (-192%) (Wasserfläche)
Aufforstung (ca. 1.900 ha)	163,6 mm/a	81,4 mm/a (-50,2%)
Versiegelungsfläche (ER „Gründerzeit“, ca. 2.530 ha)	164,0 mm/a	132,0 mm/a (-19,5%)
Wald (Waldumbau, ca. 20.000 ha)	91,7 mm/a	93,7 mm/a (+2,2%)
Kiesabbau (227,73 ha)	126,6 mm/a	-106,4 mm/a (-216%) (Wasserfläche)

#### d) Daten- und Modellunsicherheit

Aufgrund der mangelnden Validierungsmöglichkeiten von mesoskaligen Wasserhaushaltsmodellen wurden folgende Untersuchungen zur Schwankungsbreite der Ergebnisse sowie Sensitivitätsanalysen durchgeführt:

Sensitivitätsanalyse (vgl. Kunze 1998): Ermittlung der einflussreichsten Faktoren in Bezug auf die Grundwasserneubildung (RU): Nutzbare Feldkapazität (nFK), Klimadaten der potenziellen Verdunstung (ETP) und des Niederschlages (P) sowie die Ertragsklasse ERT. Im einzelnen wurden im Rahmen der Sensitivitätsanalyse folgende Annahmen getroffen:

- Die nutzbare Feldkapazität wurde den Bodenarten nach Glugla/Fürtig (1997) zugeordnet. Da bei diesem Verfahren Bodenarten aggregiert werden, ist bereits eine gewisse Schwankungsbreite eingeschlossen. Es wurde von einer Schwankungsbreite von 2 Vol. % ausgegangen.
- Die Klimadaten der potenziellen Verdunstung und des Niederschlages weisen einen Fehler von  $\pm 7\%$  auf (Wendland/Kunkel 1997). Er resultiert aus der Extrapolation zwischen den einzelnen Messstationen in die Fläche sowie aus der Zuordnung in das Raster.
- Die Schwankungsbreite der Ertragsklasse (ERT) wurde aus mittleren Erträgen verschiedener Jahre von im Untersuchungsgebiet liegenden Flächen ermittelt. Daraus lassen sich

mittlere Ertragsklassen und Schwankungsbreiten von  $\pm 6\%$  ableiten (vgl. Gluga/Fürtig 1997).

Aus diesen Annahmen ergeben sich die untere und obere Grenze der Schwankungsbreite für die einzelnen Faktoren:

- Obere Grenze:            nFK  $-2$  Vol.-%        ETP  $-7\%$         P  $+7\%$         ERT  $-6\%$
- Untere Grenze:        nFK  $+2$  Vol.-%        ETP  $+7\%$         P  $+7\%$         ERT  $+6\%$

Zur Berechnung der Schwankungsbreite wurden die Werte der Einzelfaktoren gemäß dieser Festlegungen in der Datenbank verändert. Aus der Änderung der Einzelfaktoren ergaben sich acht Neuberechnungen. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung.

Tab. 3: Schwankungsbreite der Ergebnisse zur Grundwasserneubildung am Beispiel des Szenario R<sub>1</sub> (mittlere Grundwasserneubildungsrate 129,9 mm/a): Einfluss der Einzelfaktoren auf das Gesamtergebnis.

Faktor	Änderung	MIN	Änderung	MAX
		Untere Grenze		Obere Grenze
ERT	+6%	125,2 mm/a	-6%	134,6 mm/a
ETP	+7%	114,5 mm/a	-7%	147,3 mm/a
nFK	+2 Vol. %	117,2 mm/a	-2 Vol. %	142,1 mm/a
P	-7%	105,4 mm/a	+7%	156,3 mm/a

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei Auftreten der angenommenen maximalen Schwankungsbreite der Faktor Niederschlag die größte Auswirkung auf das Endergebnis besitzt, während die maximale Abweichung der Ertragsklasse das Berechnungsergebnis am geringsten beeinflusst. Bei gleichzeitigem Auftreten jeweils der Minimum- sowie der Maximum-Abweichungen bei allen Faktoren ergaben zusätzliche Berechnungen 198,4 mm/a als Obergrenze und 82,1 mm/a. Dabei handelt es sich allerdings um absolute Maximalwerte für die Abweichung, deren Auftreten sehr unwahrscheinlich ist. Petry et al. (2000) geben nach ihren Untersuchungen für die Anwendung des Modells ABIMO einen Toleranzbereich von 20 bis 25 mm/a an. Die o.g. Ergebnisse liegen demnach in diesem Bereich, basieren allerdings auf der Betrachtung der Einzelfaktoren. Die Berechnungen zur Unsicherheit der Ergebnisse im Verbundprojekt ergaben für die Grundwasserneubildungsmodellierung einen mittleren Toleranzbereich – unter Berücksichtigung aller Faktoren – von etwa 25 % (vgl. Drechsler 2001).

Im Vergleich zu anderen Studien zur Grundwasserneubildung im mitteldeutschen Raum zeigen die eigenen Untersuchungen – unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, die mit der bearbeiteten Maßstabebene einhergehen – weitgehende Übereinstimmung (vgl. Volk et al. 2001). Die Ergebnisse bewegen sich innerhalb eines Toleranzbereiches, der die Grundwasserneubildungsraten als geeignet für die weitere Verwendung zur Berechnung der mittleren Nitrat-Konzentration im Sickerwasser erscheinen läßt (vgl. Franko et al. 2001).

## 4.1.2 Grundwasserentnahme

### a) Anliegen und Problemstellung

Ein Bewertungskriterium im Rahmen der multikriteriellen Szenarienbewertung ist die Differenz zwischen der Grundwasserneubildung (GWN) und der Grundwasserentnahme (GWE). Dieses einfache Kriterium dient als Indikator für die näherungsweise Evaluierung des Grundwasserhaushaltes im Torgauer Raum aus der Perspektive der Nachhaltigkeit (vgl. Klauer et al. 2001, S. 141).

In die Ermittlung der Grundwasserentnahme wurden folgende gesellschaftlichen Nutzungen einbezogen:

- die Entnahmen für die öffentliche Wasserversorgung,
- die gewerblichen Entnahmen,
- die privaten Entnahmen für die Trinkwasserversorgung nicht an das Trinkwassernetz angeschlossener Haushalte sowie
- private Entnahmen für die Gartenbewässerung etc.

Nachfolgend wird das Vorgehen bei der Abschätzung der Grundwasserentnahme beschrieben.

### b) Datengrundlage und methodische Aufbereitung

Die Grundwasserentnahme wurde für drei Zeitschnitte erfasst bzw. prognostiziert; für 1993, 1999 und 2030.

#### Empirische Daten für 1993 und 1999

##### *Entnahmen der öffentlichen Wasserversorgung:*

Die Erhebung der Daten für 1993 und 1999 erfolgte im wesentlichen beim StUFA Leipzig sowie bei der Höheren Wasserbehörde des Regierungsbezirkes Leipzig und griff auf die entsprechend dem § 23 SächsWG (1998) von den Versorgern gemeldeten Entnahmemengen zurück. Bei den Fernwasserwerken wurde der Anteil des Uferfiltrates (pauschal 66% der Fördermenge – HGN et al. 1996, Anl. 8.2) von der Fördermenge abgezogen.

##### *Gewerbliche Entnahmen:*

Bei den gewerblichen Entnahmen wurden ebenfalls die entsprechend § 23 SächsWG (1998) gemeldeten Daten erfasst.

##### *Weitere Wasserentnahmen der Bevölkerung:*

Zur Ermittlung des Trinkwasserbedarfes für die nicht an die zentrale Wasserversorgung angeschlossene Bevölkerung für das Jahr 1993 wurde der durchschnittliche Trinkwasserbedarf entsprechend der behördlichen Prognosen auf die nicht angeschlossene Bevölkerung übertragen (SMU/LfUG 1997, Tab. IV-2.7, Tab. IV-3.3). Für das Jahr 1999, in dem ein Anschluss-

grad von nahezu 100% erreicht war, wurde trotzdem eine zusätzliche Trinkwasserförderung der Haushalte durch private Brunnen angenommen und verrechnet (vgl. Tab. 5). Der Grund hierfür liegt in den sehr niedrigen Trinkwasserabnahmen der Bevölkerung in den ländlichen Gebieten – insbesondere im ostelbigen Bereich (mdl. Auskunft Herr Elste, Zweckverband Beilrode-Arzberg vom 4.7.2000). Die Annahmen zur weiteren Eigenförderung aus Privatbrunnen – beispielsweise zur Gartenbewässerung in den ländlichen Gemeinden – stützen sich auf Informationen aus Gesprächen mit den Zweckverbänden (mdl. Herr Viokowsky vom 16.3.2000).

### **Prognosen für 2030**

Bei den Prognosen wurde nicht zwischen den einzelnen Handlungsoptionen unterschieden, da diese keinen Einfluss auf die Grundwasserentnahmen haben. Dagegen wurde zwischen den Entwicklungsrahmen „REALO“ und „GRÜNDERZEIT“ differenziert. Folgende Annahmen wurden für die Prognosen der Grundwasserentnahmen getroffen (vgl. Tab. 5):

- Die Fernwasserentnahme entwickelt sich entsprechend in den Entwicklungsrahmen beschriebenen Annahmen.
- Die Förderungen der regionalen Wasserwerke bleiben nach 1999 ungefähr konstant, da diese Wasserwerke gegenwärtig nahezu ausgelastet sind. Eventuell steigende Trinkwassernachfragen werden über Fernwasserlieferungen gedeckt und es werden keine neuen regionalen Wasserwerke errichtet.
- Die gewerblichen Fördermengen nehmen nur leicht zu, jedoch unabhängig von den Entwicklungsrahmen und somit unabhängig von dem BIP-Wachstum. Hier liegt die Annahme zugrunde, dass eine wirtschaftliche Entwicklung vor allem über den tertiären Sektor zu erwarten ist.
- Da laut Trinkwasserbedarfsprognose (SMUL/LfUG 1998) schon 1999 nahezu alle Haushalte an die zentrale Wasserversorgung angeschlossen waren, fällt diese Kategorie für 2030 weg.
- Hinsichtlich der Eigenförderung wird angenommen, dass die Anzahl der Hausbrunnen ungefähr konstant bleibt – trotz Ausdehnung der Siedlungsfläche. Hierbei wird angenommen, dass bei Neubauten eher in Regenauffangsysteme für Brauchwasser investiert wird als in Brunnen und Pumpen.

Die Prognosen zur Grundwasserentnahme der einzelnen Entwicklungsrahmen unterscheiden sich somit nur hinsichtlich der Förderung von Fernwasser.

### **c) Ergebnisse und Prognose der Grundwasserentnahme**

Die in die Bewertung eingehenden empirischen Daten und Prognoseergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Für das Jahr 1993 ergab sich eine Entnahme von 15,65 Mio. m<sup>3</sup>/a, für 1999 lag sie mit 10,71 Mio. m<sup>3</sup>/a deutlich niedriger. In den Prognosen wird davon ausge-

gangen, dass die Grundwasserentnahme im Entwicklungsrahmen REALO (2030) weiter leicht absinkt auf 10,1 Mio m<sup>3</sup>/a bzw. im Entwicklungsrahmen GRÜNDERZEIT (2030) wieder mit ungefähr 15,8 Mio m<sup>3</sup>/a auf das Niveau von 1993 ansteigt. Diese aufgezählten Entnahmentwicklungen werden dabei hauptsächlich durch die jeweiligen Fernwasserentnahmen determiniert.

Die Ergebnisse zur Grundwasserneubildung, Grundwasserentnahme sowie deren Differenz, die in die multikriterielle Bewertung eingehen, sind in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 4: Modellierungs- und Prognoseergebnisse zur Grundwasserneubildung, Grundwasserentnahme sowie zu deren Differenz.

	1993	2030					
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub> & R <sub>4</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub> & G <sub>4</sub>
GWN [Mio. m <sup>3</sup> /a]	91,2	89,1	89,4	89,1	88,9	88,9	89,0
GWE [Mio. m <sup>3</sup> /a]	15,6	10,1	10,1	10,1	15,8	15,8	15,8
GWN – GWE [Mio. m <sup>3</sup> /a]	75,6	79,0	79,3	79,0	73,1	73,1	73,2

Tab. 5: Eingangsdaten zur Erhebung und Prognose der Grundwasserentnahmen für 1993, 1999 und 2030.

[Mio. m³/a]	1993		1999		2030 Realo		2030 Gründerzeit	
	GWE	Bemerkung	Quelle	GWE	Bemerkung	Quelle	GWE	Bemerkung
	<b>Öffentliche Wasserversorgung</b>							
WW Mockritz/Elsnig	19,34 (6,58) <sup>f</sup>	davon 34 % GW	STUFA Lpz. Abt. I Auskunft vom 8.2.2000	7,05 (2,39)	davon 34 % GW	RP Leipzig Ref. 6.2. Auskunft vom 12.7.2000	24 (8,16)	Annahme lt. Entwicklungsrahmen davon 34 % GW
WW Torgau-Ost	23,76 (8,08)			19,71 (6,70)				
Regionale WW <sup>f</sup>	0,54	100% GW	HGN et al. 1996	0,68	100% GW	RP Leipzig Ref. 6.2. Auskunft vom 12.7.2000	0,7	Vollauslastung der WW
	<b>Gewerbliche Wasserförderungen</b>							
Kühlwasser und sonstige Entnahmen	0,10	Kategorien entspr. Sächs.WG (1998)	RP Leipzig Ref. 6.2. Auskunft vom 6/1998	0,63	Kategorien entspr. Sächs.WG (1998)	RP Leipzig Ref. 6.2. Auskunft vom 12.7.2000	1	Annahme einer leicht positiven Entwicklung
	<b>Weitere Wasserentnahmen der Bevölkerung</b>							
TW-Förderung durch ländliche Hausbrunnen	0,13	Anzahl der nicht angeschloss. Bevölkerung x spez. TW-Bedarf <sup>e</sup>	SMU/LfU G (1997); Tab. IV-3.3 und IV-2.7	0,09	Zus. Förderung der Bev. für Trinkwasserzwecke <sup>a</sup>	mdl. Herr Elste ZV Beilrode-Arzberg vom 4.7.2000	0	Annahme: alle Haushalte sind zentral angeschlossen
Brauchwasserförderung durch ländl. Hausbrunnen	0,22	Annahme: 50% der ländl. Haushalte haben Brunnen; Ø Förderung: 40 m³/a <sup>d</sup>	mdl. Herr Viokowsky ZV Westelbien vom 16.3.2000	0,22	Annahme: 50% d. ländl. Haushalte mit Brunnen; Ø Förd.: 40 m³/a <sup>b</sup>	mdl. Herr Viokowsky ZV Westelbien vom 16.3.2000	0,2	Annahme: keine zusätzlichen Hausbrunnen

<sup>a</sup> Annahme, dass die 8.228 Personen des ZV Beilrode-Arzberg im Durchschnitt täglich 30 l zusätzlich zur öffentlichen Versorgung aus privaten Brunnen für Trinkwasserzwecke entnehmen. Hintergrund ist der extrem niedrige Bevölkerungsbedarf in dem Zweckverband von ungefähr 60-65 l/Ed (mdl. Auskunft Herr Elste ZV Beilrode-Arzberg vom 4.7.2000).

<sup>b</sup> Ländliche Bevölkerung: 26.468 (Bev. des Untersuchungsraumes = 56.074 abzüglich 90% der Bevölkerung von Beilrode, Belgern, Dommitzsch, Mockrehna, Schildau u. Torgau = 29.605 Personen) Prognose StaLa Sachsen, Auskunft vom 26.7.2000; Fläche und Bevölkerung – Torgau-Oschatz [Http://bubis.com/k401/waswo/fub.htm](http://bubis.com/k401/waswo/fub.htm): Stand 31.12.1993.

<sup>c</sup> Nicht angeschlossene Bevölkerung = 543 Personen im ZV Westelbien und 3.332 Personen im ZV B-A; mittlerer Bevölkerungsbedarf 106 l/Ed in ZV Westelbien und 89 l/Ed im ZV Beilrode-Arzberg.

<sup>d</sup> Die ländliche Bevölkerung wurde mit 26031 Personen angesetzt (Bevölkerung des Untersuchungsraumes = 55.636 abzüglich 90% der Bevölkerung von Beilrode, Belgern, Dommitzsch, Mockrehna, Schildau und Torgau = 29.605). Somit wurden auch einzelne Hausbrunnen in den Städten bzw. regionalen Zentren berücksichtigt (StaLa Sachsen, Auskunft vom 26.7.2000; Fläche und Bevölkerung - Torgau-Oschatz [Http://bubis.com/k401/waswo/fub.htm](http://bubis.com/k401/waswo/fub.htm): Stand 31.12.1993.

<sup>e</sup> Neben den Fördermengen steht in Klammern der Anteil des Grundwassers an der Förderung. Der Rest ist Uferfiltrat.

<sup>f</sup> WW Mehderitzsch, WW Neußen, WW Schildau; die anderen WW, die 1993 teilweise noch im Betrieb waren, wurden nicht berücksichtigt.

### 4.1.3 **Schlußfolgerungen**

Die Ergebnisse erlauben eine regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der vorherrschenden naturräumlichen Bedingungen und Landnutzungsarten. Durch die Entwicklung von begründeten Landnutzungsszenarien kann der Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung simuliert und können – in Verbindung mit anderen Informationsebenen – qualitative und quantitative Gefährdungspotenziale deutlich gemacht werden. Trotz der gering erscheinenden Veränderungen der mittleren Grundwasserneubildungsrate treten für den Gesamttraum lokal deutliche Unterschiede auf. Es ist darauf hinzuweisen, dass die durch simulierte Landnutzungsänderungen (Szenarien) bedingten Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung in starkem Maße von der Auswahl der umzuwidmenden Flächen und deren naturräumlichen Bedingungen abhängen. In Bezug auf den Gesamttraum ist der Einfluss der simulierten Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung aufgrund von Kompensationseffekten als gering einzustufen. Deutliche Auswirkungen werden jedoch auf lokaler Ebene sichtbar. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich um langjährige Mittelwerte handelt, die als „wahrscheinlichste Werte“ einzustufen sind. Die Berechnungsergebnisse präsentieren sich zwar in absoluten Zahlen, geben aber aufgrund des Modellcharakters und der geringen räumlich-zeitlichen Auflösung der Eingangsdaten nur Größenordnungen wieder (Volk/Bannholzer 1999).

---

**Integriertes Bewertungsverfahren  
und seine beispielhafte Anwendung im Torgauer Raum**

---

Helga Horsch,<sup>1)</sup> Frank Messner<sup>1)</sup> und Martin Volk<sup>2)</sup> (Hrsg.)

- 1) Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht
- 2) Sektion Angewandte Landschaftsökologie