

## 0 KURZFASSUNG

Die nachhaltige Bewirtschaftung der zur Trinkwassergewinnung genutzten Grundwasserressourcen ist ein wesentliches Ziel eines verantwortungsvoll handelnden Wasserversorgungsunternehmens. Neben der Wasserversorgung haben auch weitere Interessenten wie der Naturschutz und die Landwirtschaft Ansprüche an den Gebietswasserhaushalt, die bei der Bewirtschaftung der Wassergewinnungsanlagen zu berücksichtigen sind. Besondere Bedeutung erlangt dieser Gesichtspunkt durch die Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Daher kommt der objektiven Bewertung und Optimierung der Grundwasserentnahmen eine zentrale Bedeutung für die dauerhafte Minimierung von Konfliktpotenzialen zu. Ziel des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Optimierung des Gebietswasserhaushalts in Wassergewinnungsgebieten“ war die Entwicklung eines allgemein gültigen und übertragbaren Bewertungs- und Optimierungssystems für Grundwasserentnahmen unter Berücksichtigung der Belange der Wasserversorgung, der Landwirtschaft und des Naturschutzes sowie dessen exemplarische Anwendung als Grundwassermanagementsystem im Wassergewinnungsgebiet Donauried.

Das Forschungsvorhaben (Laufzeit: 1.3.01 – 30.6.04) wurde in zwei eng verzahnten Teilprojekten bearbeitet (Teilprojekt 1 „Bewertungssysteme“: Zweckverband Landeswasserversorgung, Stuttgart; Teilprojekt 2 „Optimierungs- und Managementsysteme“: Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, Stuttgart). Die Ergebnisse der Untersuchungen können wie folgt zusammengefasst werden:

### 1. Composite Programming als geeignetes Bewertungsverfahren

Aus der großen Gruppe der multikriteriellen Bewertungsverfahren ist das Composite Programming am besten an die Fragestellung der Bewertung und Optimierung von Grundwasserentnahmen anpassbar. Der Kompensationsfaktor im Composite Programming ermöglicht die Einschränkung der Kompensierbarkeit zwischen verschiedenen Teilzielen. Monetäre Bewertungsverfahren weisen insbesondere bei der Bewertung der Belange des Naturschutzes methodische Nachteile auf und sind zur Beantwortung der vorliegenden Fragestellung ungeeignet.

### 2. Grundwasserflurabstand, Wassergüte und Betriebskosten als Bewertungsgrößen

Die Bewertungsgrößen müssen die Auswirkungen der Grundwasserentnahmen auf die Ansprüche der drei Nutzer Wasserversorgung, Landwirtschaft und Natur an den Gebietswasserhaushalt möglichst exakt beschreiben und gleichzeitig relativ einfach mess-, berechnen- und prognostizierbar sein (Abb. 0.1). Als Bewertungsgrößen wurden der Grundwasserflurabstand, die Wassergüte des Trinkwassers (dargestellt an den Parametern Nitrat und Härte) und die bei der Wassergewinnung und -aufbereitung entstehenden Betriebskosten ausgewählt.

Die zentrale Bedeutung des Grundwasserflurabstands als Bewertungsgröße für alle drei Nutzer macht es erforderlich, für den Untersuchungsraum vor Beginn der Bewertung/Optimierung unter Berücksichtigung der hydraulischen Gesetzmäßigkeiten der

Grundwasserströmung prioritäre Flächennutzungen festzulegen, die ggf. in verschiedene Wertstufen unterteilt werden können. Der Flurabstand lässt sich für größere, zusammenhängende Teilflächen besser optimieren als für eine stark zersplitterte Flächennutzung.

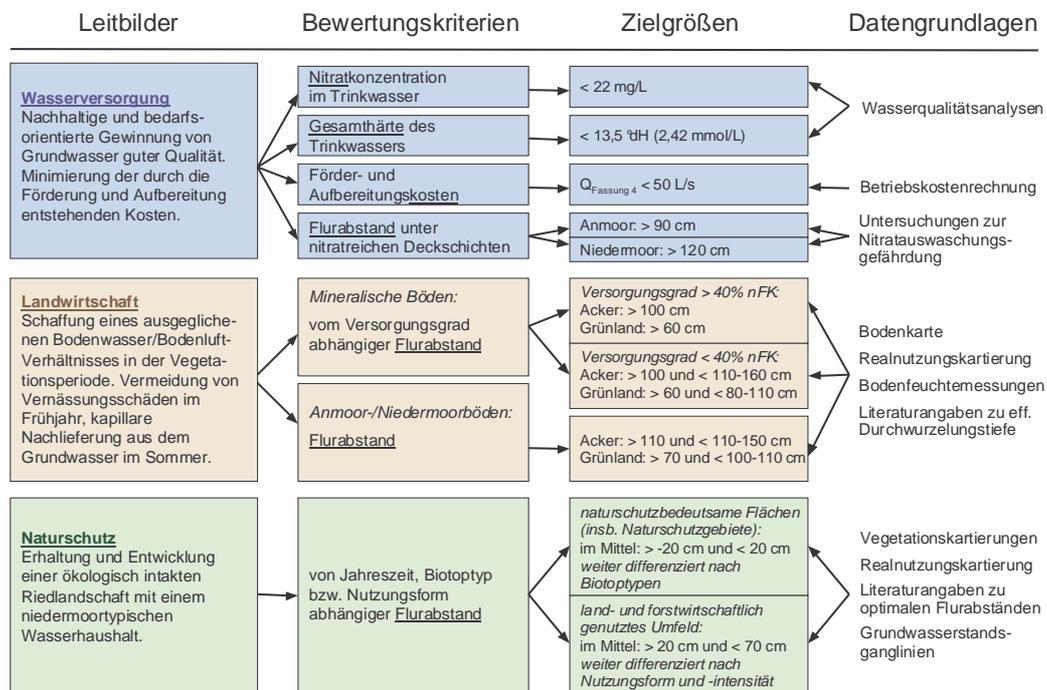


Abb. 0.1: Leitbilder, Bewertungsgrößen, Zielgrößen und erforderliche Datengrundlagen zur Bewertung der Grundwasserbewirtschaftung im Untersuchungsraum Donauried

### 3. Mehrstufiges Zielsystem als Herz des Bewertungssystems

Herzstück des Bewertungssystems ist das Zielsystem. Es legt die Abfolge der Aggregationschritte fest (Abb. 0.2). Die Grundwassernutzungen werden zweckmäßigerweise auf der Zielebene 2 einander gegenübergestellt. Je nach Kompromissbereitschaft der Nutzer ist ein Kompensationsfaktor zwischen  $p=2$  und  $p=4$  zu wählen. Auf der Zielebene 3 werden die Präferenzen der einzelnen Nutzer spezifiziert, die Gewichtungsfaktoren  $g$  spiegeln die subjektiven Präferenzen der einzelnen Nutzer wider. Da der Einfluss des Kompensationsfaktors auf den Teilnutzwert den der Gewichtungsfaktoren schnell übersteigt, ist auf dieser Zielebene von einem Kompensationsfaktor  $p = 1$  nur in Ausnahmefällen abzuweichen.

### 4. Kopplung von Bewertungssystem und Optimierungsalgorithmus zur Steuerung der Grundwasserentnahmen

Zur Steuerung der Grundwasserentnahmen muss das Bewertungssystem mit einem Optimierungsalgorithmus gekoppelt werden. Für die Optimierung des Gebietswasserhaushalts in Wassergewinnungsgebieten wurde das Programm Groundwater Resources Management (GRM) entwickelt. Der verwendete Optimierungsalgorithmus basiert auf der Gauss-Marquardt-Levenberg Methode und eignet sich speziell für die nichtlineare Parameterschätzung. Optimiert wird iterativ unter Anwendung eines Grundwasserströmungsmodells zur Berechnung der Grundwasserverhältnisse für die vom Optimierungsalgorithmus vorgeschlagenen Grundwasserentnahmen.

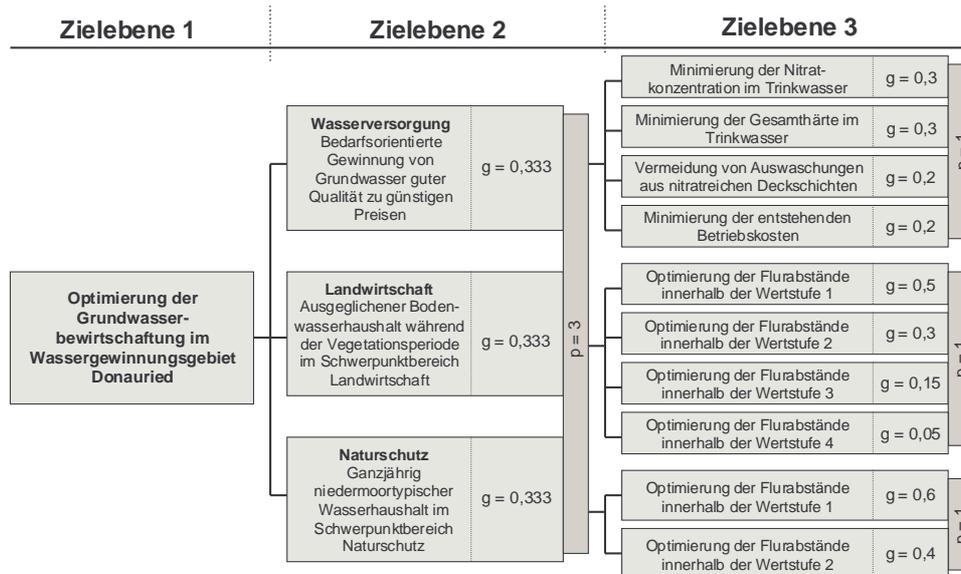


Abb. 0.2: Zielsystem, Gewichtungs- und Kompensationsfaktoren im Fallbeispiel Donauried

### 5. Fallbeispiel: Konkrete Vorgaben für das Donauried

Die generelle bisherige Bewirtschaftung im Wassergewinnungsgebiet Donauried sollte wie folgt umgestellt werden: An den Fassungen 1 und 6 sollte bis zur maximalen Ergiebigkeit Grundwasser entnommen werden. Demgegenüber ist die Entnahme an den Fassungen 2 und 3 soweit als möglich zu drosseln. Aus der Fassung 5 (Kies) sollte ebenfalls weniger entnommen werden. Die Kostensteigerung durch Entnahme an Fassung 4 muss teilweise in Kauf genommen werden, da sich Absenkungen in diesem Bereich positiv auf landwirtschaftliche Flächen auswirken.

### 6. In Zukunft: Flexible, dargebotsorientierte Entnahmesteuerung durch dynamisches Grundwassermanagement

Die optimalen Entnahmeraten im Donauried unter instationären Verhältnissen sind stark von der Hydrologie (Grundwasserneubildung) und der bereitzustellenden Gesamtentnahme abhängig. Für die Planung der optimalen Bewirtschaftung des Donaurieds kann das Optimierungssystem auch für instationäre Prozesse eingesetzt werden. Durch Variation der Neubildungsraten und der voraussichtlichen Entnahme lassen sich für die einzelnen Fassungen Bandbreiten entwickeln, die die Grenzen der tatsächlichen Bewirtschaftungen angeben. Ebenso kann durch die Variation der hydrologischen Verhältnisse und der Entnahmen auf die aktuellen Verhältnisse innerhalb eines Monats reagiert werden. In der praktischen Umsetzung bedeutet dies, dass die Entnahme anhand der ermittelten Bandbreiten auf die tatsächlichen Verhältnisse angepasst werden kann. Es kann eine Handlungsempfehlung durch die verschiedenen Optimierungsrechnungen abgeleitet werden, die spezifisch auf den jeweiligen Prognosemonat angepasst ist.

Die Arbeitsschritte zur Optimierung des Gebietswasserhaushalts sind in nachfolgendem Flussdiagramm (Abb. 0.3) zusammengestellt:

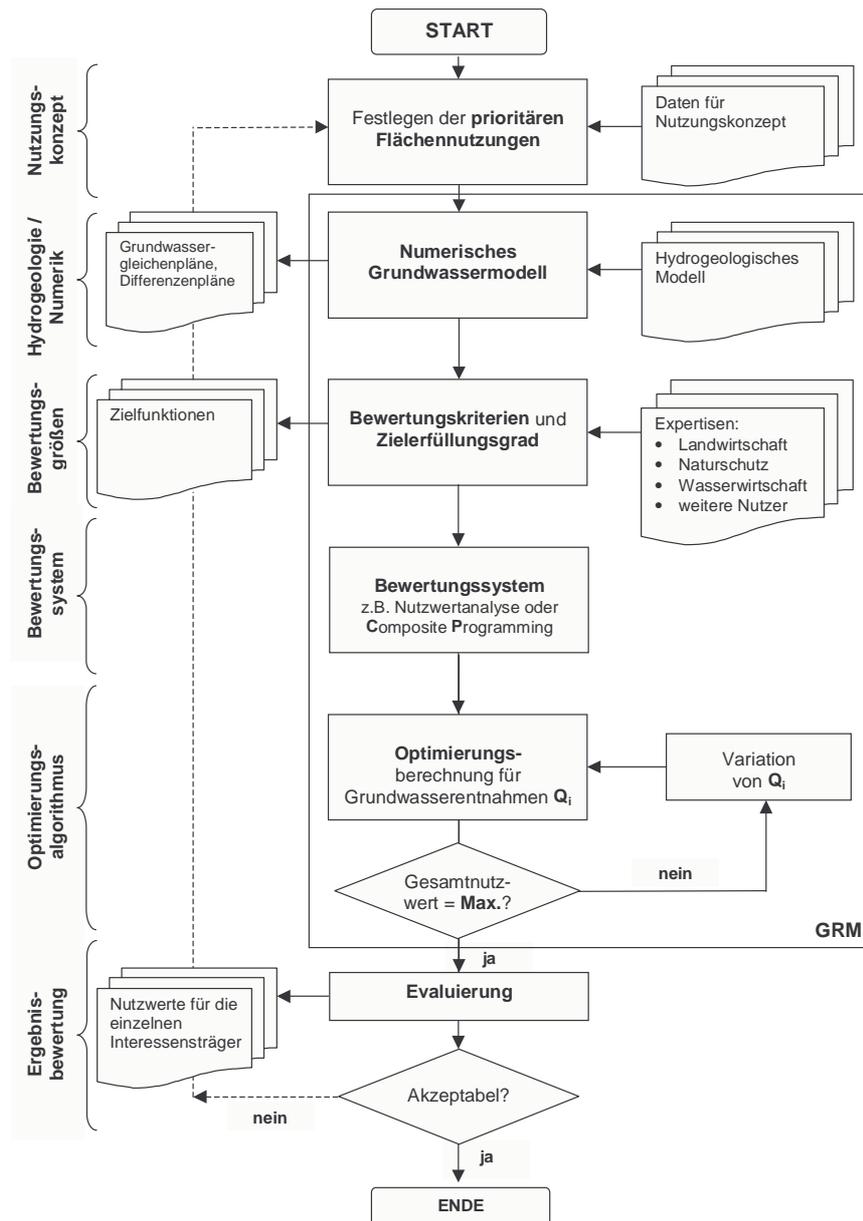


Abb. 0.3: Allgemeines Schema zur Optimierung des Gebietswasserhaushalts

Das entwickelte Bewertungs- und Optimierungssystem ist nach Anpassung des Zielsystems gut auf andere zur Trinkwassergewinnung genutzte Grundwasservorkommen übertragbar, wobei weitere Gruppen mit Ansprüchen an den Wasserhaushalt (z.B. Flurabstand unter Bebauung) berücksichtigt werden können. Für die Anwendung müssen die Grundwasserströmungsverhältnisse in Abhängigkeit der Grundwasserentnahmen quantifiziert werden. In hydrogeologisch einfachen Situationen können abschätzende analytische Verfahren angewendet werden. Bei komplexen Verhältnissen ist der Einsatz eines Grundwasserströmungsmodells jedoch unabdingbar. Unter Verwendung eines Optimierungsalgorithmus kann das Bewertungssystem zu einem vorausschauenden Managementsystem zur Steuerung der Grundwasserentnahmen ausgebaut werden. Das Verfahren ist geeignet, die Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie nach einem guten mengenmäßigen Zustand des Grundwassers für den Einsatz in der Praxis zu operationalisieren.