

1 EINLEITUNG

Jede Grundwasserentnahme stellt einen anthropogenen Eingriff in den Gebietswasserhaushalt dar. Aufgrund der Forderung nach ökologischer und nachhaltiger Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen ist es notwendig, Grundwasserentnahmen für die Trinkwassergewinnung im Spannungsfeld von Trinkwassergewinnung, Ökologie und weiteren Nutzern objektiv zu bewerten.

Aktuell werden für die Bewirtschaftung von Grundwasserressourcen meist Steuerungsstrategien über Grenzflurabstände eingesetzt. Häufig werden diese Steuergrößen verwendet, ohne eine umfassende Bewertung der Wirkungsbereiche im Gesamtsystem „Grundwasserentnahme – Produktionsumfeld“ vorgenommen zu haben und ohne zu wissen, wo sich das Optimum befindet. Dabei bleibt meist auch eine Vielzahl weiterer Einflussgrößen unberücksichtigt und unbewertet. Die umfassende Berücksichtigung weiterer und zukünftiger Interessen bei allen Maßnahmen und Planungen ist der Kernpunkt des 1992 in Rio de Janeiro vereinbarten Ziels der nachhaltigen Entwicklung. Während dieses Ziel nach und nach Eingang in die nationale und internationale Gesetzgebung findet, fehlen für die tägliche praktische Anwendung nach wie vor geeignete Instrumente und Werkzeuge, die dieses Ziel konkretisieren und operationalisieren. In der vorliegenden Arbeit wird ein neuartiges Verfahren entwickelt, welches die Grundwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung der Belange der Trinkwasserversorgung, der Landwirtschaft und des Naturschutzes zur Unterstützung der nachhaltigen Entwicklung des Gesamtgebietes bewertet und optimiert.

Aufgrund der Bestimmungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie müssen die Wasserversorgungsunternehmen in Zukunft bei der Grundwasserbewirtschaftung noch stärker auf die Belange des Naturschutzes Rücksicht nehmen. Ein guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers kann nur erreicht werden, wenn die von ihm abhängigen Landökosysteme durch anthropogene Einflüsse nicht „signifikant geschädigt“ sind. Daneben melden weitere Landnutzer (z. B. Landwirtschaft, Siedlung) ihre Ansprüche an die Grundwasserbewirtschaftung an, sodass bei der Steuerung der Grundwassergewinnungsanlagen oftmals vielerlei Zwänge und Anforderungen zu beachten sind, ohne dass für diese Betrachtung bislang praktikable Verfahren existieren. Diese Lücke zu schließen, ist das Ziel des Forschungsvorhabens „Optimierung des Gebietswasserhaushalts in Wassergewinnungsgebieten“.

Die Bewirtschaftung des Gebietswasserhaushalts dient der nachhaltigen Umweltvorsorge und hierbei insbesondere in Wassergewinnungsgebieten zur langfristigen Sicherung der Grundwasservorkommen in qualitativer und quantitativer Sicht. Hierzu ist es notwendig, **wasserversorgungstechnische, landwirtschaftliche, ökologische** und **ökonomische** Belange zu berücksichtigen. Das komplexe Wirkungsgefüge erfordert den Einsatz eines **Grundwassermanagementsystems** zur Steuerung des Gebietswasserhaushalts. Dieses System wird durch folgende Stufen aufgebaut bzw. untergliedert:

- Leitfaden mit Bewirtschaftungsregeln (Stufe I)
- Statisches Bewertungsmodell mit Optimierungsregeln (Stufe II)
- Dynamisches Grundwassermanagementsystem (Stufe III)

Diese dreistufige Vorgehensweise dient der Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf beliebige Standorte. Dadurch ist es möglich in Abhängigkeit der Problemstellung, der Datengrundlage, der vorhandenen Erkundungs- und Auswertungsergebnisse das geeignete Bewirtschaftungsinstrument entsprechend den Stufen I bis III zu verwenden.

Das Ziel der ersten Bearbeitungsstufe ist die Erarbeitung eines **Leitfadens mit Richtlinien zur Bewirtschaftung** des Gebietswasserhaushalts. Diese Richtlinien werden anhand von aussagekräftigen Bewertungsgrößen erarbeitet. Die Bewertungsgrößen erfassen wasserversorgungstechnische, landwirtschaftliche, ökologische und ökonomische Aspekte und führen diese in einem entsprechenden Bewertungsschema zusammen.

In der zweiten Bearbeitungsstufe wird ein **Bewertungssystem mit Optimierungsregeln** erstellt. Die natürliche Dynamik wird dabei über stationäre Ansätze approximiert. Das zu entwickelnde Bewertungs- und Optimierungssystem dient der:

- Bewertung der aktuellen und historischen Bewirtschaftung
- Optimierung der Bewirtschaftung im Jahresmittel. Dabei wird angenommen, dass die Randbedingungen keiner zeitlichen Veränderlichkeit unterworfen sind

Die Entwicklung eines **dynamischen Grundwassermanagementsystems** ist oberstes Ziel der Forschungsarbeiten (Stufe III). Dabei erfolgt eine vollständige Berücksichtigung der zeitlich veränderlichen Prozesse. Dieses Managementsystem dient als:

- *Decision Support System*: Mit Hilfe dieses Systems lassen sich die entscheidungsrelevanten Größen bestimmen. Es dient der Umweltvorsorge zur Sicherung des Produktionsumfeldes der öffentlichen Trinkwassergewinnung unter Berücksichtigung landwirtschaftlicher, wasserwirtschaftlicher und ökologischer Belange
- *Grundwassermanagementsystem* zur Steuerung des Gebietswasserhaushalts: Damit sind Prognosen zur nachhaltigen Bewirtschaftung möglich. Es lassen sich Entnahmestrategien erarbeiten, die die jeweiligen Belange der Nutzer des Gebietswasserhaushalts berücksichtigen
- *Optimierungsmodell*: Anhand von geeigneten Optimierungsstrategien lässt sich das Optimum für die Grundwasserentnahme in Abhängigkeit den Nutzungsanforderungen bestimmen.

Aufgearbeitet wird dieser neuartige und mehrstufige Ansatz zur Erarbeitung eines Grundwassermanagementsystems am Beispiel des Donaurieds, das zu den bedeutendsten Grundwassergewinnungsgebieten in Deutschland zählt und von der Landeswasserversorgung seit 1915 zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. In der engeren Wasserschutzzone

im Donauried befinden sich wertvolle, intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen sowie Feucht- und Niedermoorgebiete von europäischer Bedeutung.

In dem vorliegenden Endbericht sind die Ergebnisse der beiden Teilprojekte „Bewertungssysteme“ (bearbeitet durch den Zweckverband Landeswasserversorgung) und „Optimierungs- und Managementsysteme“ (bearbeitet durch die Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH) zusammengefasst. Diese Vorgehensweise trägt der engen inhaltlichen Verzahnung der beiden Teilprojekte Rechnung, die sich auch im Aufbau dieses Berichtes widerspiegelt.

In Kapitel 2 werden zunächst Bewertungs- und Optimierungsverfahren im Allgemeinen vorgestellt sowie die Auswahl der geeignetsten Verfahren für die Bewertung und Optimierung der Grundwasserbewirtschaftung getroffen. In Kapitel 3 wird dann ein Überblick über das Untersuchungsgebiet Donauried gegeben und es werden die verwendeten und Datengrundlagen und Vorarbeiten dargestellt. Die spezifischen Anforderungen der drei Nutzergruppen Wasserversorgung, Landwirtschaft und Naturschutz an den Gebietswasserhaushalt werden in Kapitel 4 dargelegt.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den Kapiteln 2 bis 4 wird in Kapitel 5 ein Bewertungssystem für stationäre Verhältnisse entwickelt. Dabei wird besonders auf die Notwendigkeit der räumlichen Nutzungsentflechtung vor Beginn der Bewertung und/oder Optimierung hingewiesen. Das Bewertungssystem findet bei der Entwicklung des Leitfadens mit Bewirtschaftungsregeln in Kapitel 6 erstmalig Anwendung. In Kapitel 7 wird das Bewertungssystem dann in den Optimierungsalgorithmus integriert und die Grundwasserentnahmen im Donauried für stationäre (Mittelwasser-)Verhältnisse optimiert.

In Kapitel 8 wird das Bewertungssystem für instationäre Verhältnisse erweitert, so dass in Kapitel 9 die bisherige Bewirtschaftung im Donauried realitätsgetreu bewertet werden kann. Die zusätzlichen Arbeiten zur Integration des instationären Bewertungssystems in den Optimierungsalgorithmus werden in Kapitel 10 beschrieben und die Grundwasserentnahmen im Donauried innerhalb eines mehrmonatigen Testzeitraumes optimiert. In Kapitel 11 wird schließlich die Entwicklung des dynamischen Grundwassermanagementsystems dargestellt. Kapitel 12 beschäftigt sich abschließend mit der Übertragbarkeit der dargestellten Entwicklungen.

Jedem Kapitel ist eine Übersicht über den Inhalt vorangestellt, die wesentlichen Erkenntnisse sind am Schluss eines jeden Kapitels zusammengefasst. Die Bewertung und Optimierung für stationäre Verhältnisse wird zudem anhand eines einfachen analytischen Berechnungsbeispiels nachvollzogen (blaue Kästen).