

# Wasserkraftanlagen umweltverträglich und gewinnbringend modernisieren

## Das Querbauwerke-Informationssystem QUIS bietet Werkzeuge für nachhaltige Investitionen

Pia Anderer, Rita Keuneke, Bettina Stark und Ulrich Wolf-Schumann (Aachen)

### Zusammenfassung

Wasserkraft weist gegenüber den meisten anderen erneuerbaren Energien den Vorteil einer relativen Gleichmäßigkeit sowie einer guten Vorhersehbarkeit auf. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz sieht dementsprechend Anreize zum Ausschöpfen des Wasserkraftpotenziales in Deutschland vor. Unter gewässerökologischen Gesichtspunkten besteht jedoch bei den meisten Wasserkraftanlagen Verbesserungs- bzw. Handlungsbedarf. Betreiber von Wasserkraftanlagen und Genehmigungsbehörden stehen vor der Aufgabe, unter den gegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen die gesetzlichen Anforderungen durch entsprechende Maßnahmen umzusetzen. Hilfestellung leistet in Rheinland-Pfalz ein umfassendes, web-basiertes Umweltdateninformationssystem mit dem integrierten Querbauwerke-Informationssystem QUIS. Neben umfangreichen, übersichtlich strukturierten Daten zu Standorten von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen können Karten zu verschiedenen Themen wie Durchgängigkeit und Lebensraumveränderung durch Stau und Ausleitung generiert werden. Die Berechnung der Kosten von Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit ist ebenso möglich wie die Abschätzung der Auswirkungen von ökologischen Maßnahmen auf die Jahreserzeugung. Damit kann für einzelne Standorte eingeschätzt werden, ob eine erhöhte Vergütung nach EEG zur Finanzierung des ökologischen Ausbaus der Wasserkraftnutzung ausreicht oder ob ein zusätzlicher Förderbedarf besteht.

Schlagwörter: Erneuerbare-Energien-Gesetz, Wasserkraft, Durchgängigkeit, Umweltdateninformationssystem, Querbauwerk

DOI: 10.3243/kwe2014.07.003

### Abstract

**Environmentally Friendly and Profitable Modernising of Water-Power Facilities**  
**The Transverse Water Management Structures Information System (QUIS) provides Tools for Sustained Investments**

Water-power, compared with most other renewable sources of energy, has the advantage of having relative constancy and good predictability. The German Renewable Energies Law accordingly envisages incentives for the exploitation of the water-power potential in Germany. However, from surface waters ecological aspects, there is a requirement for improvement and action with most of the water-power facilities. Operators of water-power facilities and approval authorities are therefore faced with the task of implementing the legal requirements through appropriate measures under the given economic constraints. In Rheinland-Pfalz support is provided by a comprehensive, web-based environmental data information system with an integrated transverse water management structure system QUIS. Alongside comprehensive, clearly structured data on the locations of the transverse water management structures and water-power facilities, maps can be generated for various subjects such as passability and change to habitat through impoundment and diversions. The calculation of the costs of measures for the production of passability is also possible as is the estimation of the effects of ecological measures on the annual (power) generation. With this it can be estimated for individual locations whether an increased compensation according to the German Renewable Energies Law (EEG) is sufficient for the financing of the expansion of the use of water-power or whether an additional requirement for support exists.

Key words: German Renewable Energies Law, water-power, passability, environmental data information system, transverse water management structure

### Einleitung

Die Stromerzeugung aus Wasserkraft hat unter den heute genutzten erneuerbaren Energiequellen den großen Vorteil, dass die Energiegewinnung relativ gleichmäßig und darüber hinaus gut vorhersagbar ist. Die Technik ist bereits lange im Einsatz und gilt als ausgereift. Das zusätzlich ausbaubare Potenzial wird deutschlandweit auf etwa 10 bis 20 Prozent abgeschätzt [1]. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) [2] liefert entsprechende Anreize, dieses Potenzial auszuschöpfen.

Unter gewässerökologischen Gesichtspunkten besteht jedoch bei den meisten Wasserkraftanlagen Verbesserungs- bzw. Handlungsbedarf. Der Gesetzgeber hat im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [3] in den §§ 33 bis 35 die ökologischen Rahmenbedingungen für den Betrieb von Stauanlagen und Wasserkraftanlagen festgeschrieben. Diese betreffen bei Ausleitungskraftwerken die Mindestwasserabgabe, die Durchgängigkeit der Gewässer und den Schutz der Fischpopulationen. Darüber

hinaus werden im WHG die zuständigen Behörden angewiesen, an allen Stauanlagen und Querverbauungen die Möglichkeit zur Nutzung des Wasserkraftpotenzials zu prüfen.

Betreiber von Wasserkraftanlagen und Genehmigungsbehörden stehen somit vor der Aufgabe, unter den gegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen die gesetzlichen Anforderungen durch entsprechende Maßnahmen umzusetzen.

Um Maßnahmenalternativen bewerten und hinsichtlich ihrer Auswirkungen abschätzen zu können, sind Informationen zum Standort selbst und zur Gesamtsituation des Gewässers erforderlich. Informationssysteme mit implementierten Bewertungs- und Berechnungsalgorithmen ermöglichen es, schnell und effizient quantitative Aussagen zu machen und ein Vorhaben bzgl. der genannten Aspekte zu bewerten.

### Das Querbauwerke-Informationssystem QUIS

Die Wasserwirtschaftsbehörden in Rheinland-Pfalz setzen seit 2005 das Querbauwerke-Informationssystem QUIS ein. Es unterstützt das Land bei der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie [4] vor allem im Bezug auf die Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Gewässer. Das Web-basierte System stellt Daten von ca. 27 600 erfassten Standorten zur Verfügung [5]. An etwa 3 000 dieser Standorte erfolgte bei einer Besichtigung eine detaillierte Datenaufnahme; zu den meisten anderen Standorten wurden Daten bei der Gewässerstrukturkartierung erhoben.

Zu jedem erfassten Querbauwerk sind in QUIS umfangreiche Daten in übersichtlicher Form gespeichert (Abbildung 1). Unter anderen gehören dazu

- **Gewässer:** Name, Gewässerkennzahl, Folgegewässer, Tabelle der Zuflüsse
- **Querbauwerk:** Stammdaten, Bauart, Geometrie, Funktion, Nutzungen, Abfluss, Rückstaulänge, Bewertung der Durchgängigkeit
- **Wasserkraftanlagen:** Bauart, Leistung, Nutzung, Turbinen, Rechen, Bypass
- **Fischaufstiegsanlagen:** Bauart, Geometrie, Bewertung Funktion

QUIS ermöglicht es, zu jedem Querbauwerk Dokumente wie Fotos oder Zeichnungen abzulegen und zugänglich zu machen (Abbildung 2). Über eine Anbindung zum GIS-Client der Wasserwirtschaftsverwaltung sind die Querbauwerke in der Karte darstellbar (Abbildung 3).

Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Wasserwirtschaftsverwaltung können diese Informationen über das Portal „Da-



Abb. 1: Datenblatt des Querbauwerke-Informationssystems zu einem Querbauwerk



Abb. 2: In QUIS hinterlegte Fotos z. B. Wehr und Wasserkraftanlage

taScout RLP“ abrufen und die vorhandenen Daten aktualisieren.

QUIS wird seit seiner ersten Entwicklung kontinuierlich an die Erfordernisse der Behörden angepasst. Mit der aktuellen Version bietet es zusätzlich zur Datenverwaltung Werkzeuge (Tools) an, mit denen die Anwender übersichtlich berechnen können, wie sich Maßnahmen an Wasserkraftanlagen in finanzieller und ökologischer Hinsicht auswirken. Die drei Werkzeuge ermöglichen,



Ingenieurbüro Floecksmühle  
wasser umwelt energie

Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH  
Bachstraße 62-64, D-52066 Aachen

Tel.: +49-241-94986-0  
www.floecksmuehle.com

---

Planung • Bauleitung • Gutachten • Studien

► Fischwege/Fischschutz    ► Wasserkraftanlagen    ► Entwicklungskonzepte & Studien







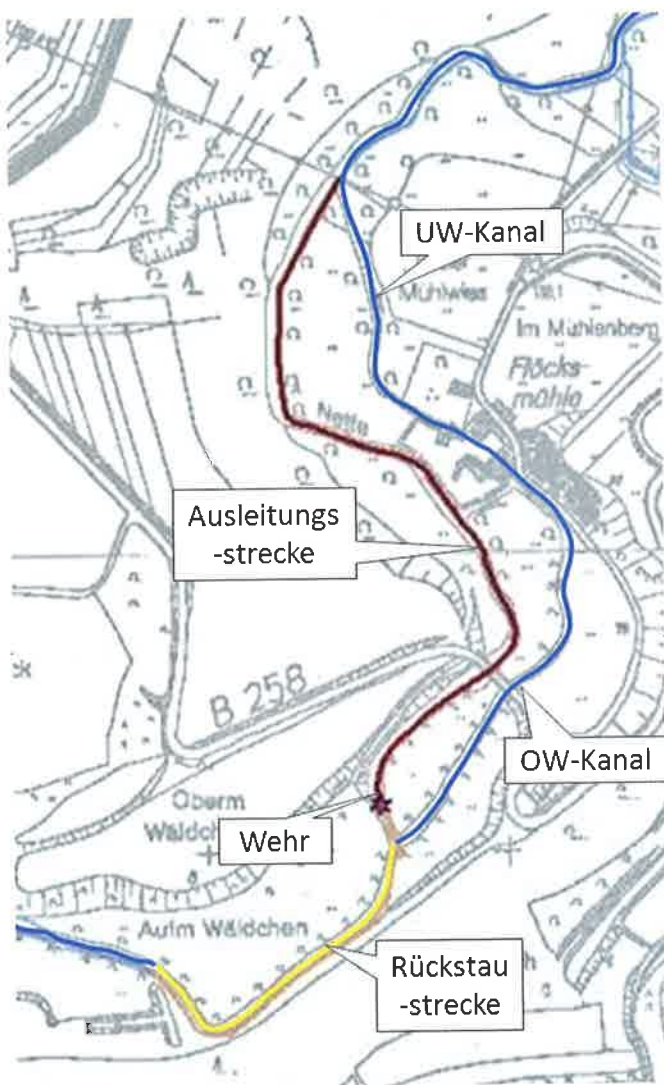



Abb. 3: Karte eines Standorts mit eingezeichnetem Wehr (roter Stern), Stau- (gelb) und Ausleitungsstrecke (rot)

1. die Bewertung der Auswirkungen von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen auf die Gewässerökologie,
2. die Untersuchung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bei der ökologischen Sanierung eines Standortes (mit oder ohne Wasserkraftnutzung) und
3. die Ermittlung des zusätzlich nutzbaren Wasserkraftpotenzials an einem Standort.

### Bewertungen der ökologischen Auswirkungen von Querbauwerken als Basis für nachhaltige Investitionen

QUIS nutzt ein Index-System, um Standorte und Gewässer unter den folgenden ökologischen Aspekten zu bewerten, die besonders für Fische relevant sind [6]:

- Auf-/Abwärtspassierbarkeit von Standorten (Aufstiegsindex, Überlebensindex)
- Lebensraumveränderung durch Rückstau, Ausleitung (Indizes Lebensraumveränderung)
- Erreichbarkeit eines Zielareals beim Fischaufstieg (z. B. Erreichbarkeitsrate des Laichareals für den aus dem Rhein

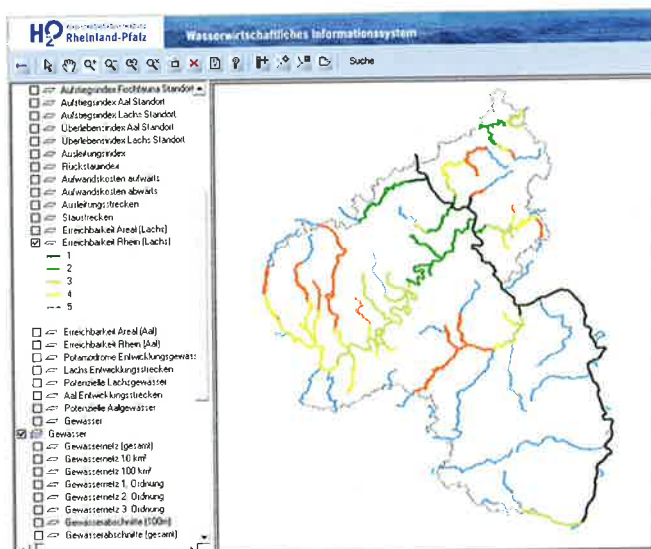


Abb. 4: QUIS liefert Auswertungen und Karten zum Gewässersystem. Hier beispielhaft die Erreichbarkeit des Rheins für den Lachs.

aufsteigenden Lachs) oder Erreichbarkeit des Rheins beim Fischabstieg

Diese Bewertungen werden farblich differenziert in Form von Tabellen und Karten dargestellt (Abbildung 4). Daraus lässt sich leicht ermitteln, an welchen Standorten sich Maßnahmen besonders dazu eignen, die Durchgängigkeit eines Gewässers oder die Erreichbarkeit von Arealen zu verbessern. In Kombination mit den Werkzeugen zur Kostenabschätzung (s.u.) lassen sich mögliche Maßnahmen priorisieren und monetär bewerten.

Auf Basis der Indizes wurde vom LUWG mit Hilfe von Variantenuntersuchungen ein zeitlich gestaffeltes Rahmenkonzept für diadrome und potamodrome Zielarten erarbeitet. Darin wurden vorrangig zu behandelnde Gewässerstrecken ermittelt sowie Maßnahmen und Vorgehensweisen erarbeitet [7].

### Ökologische Maßnahmen und deren Kosten

Zur ökologischen Verbesserung an einem Standort sind u. a. folgende Maßnahmen einzeln bzw. in Kombination möglich:

- Bau einer Fischaufstiegsanlage am Wehr oder/und an der Wasserkraftanlage
- Bau einer Fischschutzanlage (Feinrechen)
- Bau einer Fischabstiegsanlage mit permanentem oder temporärem Bypass.

Für QUIS wurde das Berechnungstool „Maßnahmen und Kosten“ entwickelt, mit dessen Hilfe nach der Eingabe der erforderlichen Maßnahme eine Kostengrobschätzung für Fischaufstiegsanlagen und für Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen durchgeführt werden kann. Während für die abwärts gerichtete Durchgängigkeit die Kosten pauschal in Abhängigkeit vom Ausbaudurchfluss ermittelt werden, können die Kosten von Fischaufstiegsanlagen für verschiedene Bautypen (Raugerinne, Schlitzpass etc.) in Abhängigkeit der Bauhöhe berechnet werden. Durch Angabe verschiedener Zuschläge z. B. für die Bau-durchführung und die Standsicherheit werden Besonderheiten des Standortes berücksichtigt.

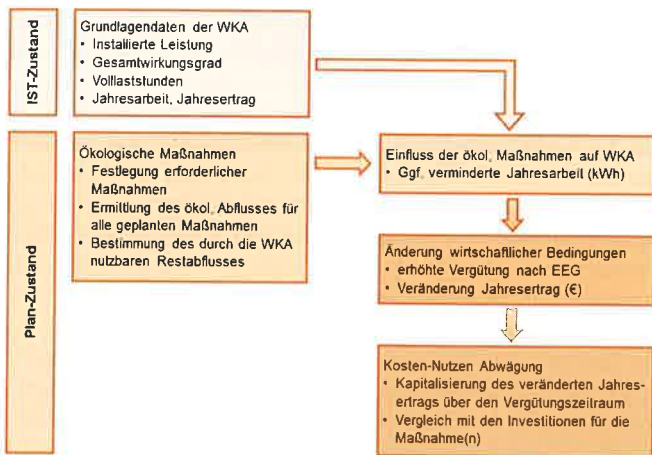


Abb. 5: Schema zur Berechnung des veränderten Jahresertrags zur Planung einer ökologischen Maßnahme in QUIS

Grundlagendaten	Mindererzeugung durch ökol. Anpassung	Analyse Jahresarbeit
<b>Analyse mittlere Jahresarbeit</b>		
	IST	PLAN
Gesamt-Minderung der Jahresarbeit durch ökol. Anpassung für Auf- und Abstieg (MWh/a)	0	43
Anteil an pol. Jahresarbeit (%)	0,00	28,89
Pol. Jahresarbeit (MWh/a)	149	106
Eigenverbrauch (MWh/a)	0	0
Netzeinspeisung (MWh/a)	149	106
Bezugsstuf (kWh/MWh)		
Ersparter Bezugsstufen (Euro/a)	-	-
<b>Berechnung des mittleren Jahresertrags</b>		
	EEG 2000	EEG 2012
Prozentualer Ansatz für Betriebskosten (vom Rohertrag) (%)	10,00	10,00
Jahresertrag netto (aus Netzeinspeisung) (€/a)	10.285	12.116
Differenz Jahres-Netto-Erträge: PLAN-IST (€/a)	1.830	
Kapitalisierung des Nettoertrags gemäß Verzinsung von 5% über 20 Jahre (Faktor 11,5) in (€)	21.049	

Abb. 6: Analyse der Jahresarbeit im IST-Zustand und nach einer Maßnahme (PLAN-Zustand) im Querbauwerke-Informationssystem QUIS

### Ökologische Maßnahmen und deren wirtschaftliche Auswirkungen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz sieht vor, dass die Vergütung von Wasserkraftanlagen an Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands nach WHG gebunden ist. Diese Maßnahmen führen aufgrund des für den Betrieb der Anlagen erforderlichen Abflusses, dem sogenannten ökologischen Abfluss ( $Q_{\text{ökol}}$ ), in der Regel zu einem Erzeugungsverlust bei der Wasserkraftanlage, der wirtschaftlich möglicherweise durch eine erhöhte Vergütung nach EEG kompensiert werden kann.

QUIS verfügt über ein Berechnungswerkzeug (Tool) „Ertragsveränderung bei ökologischer Verbesserung“, das eine entsprechende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchführt. Die erforderlichen Informationen und Ergebnisse werden in QUIS gespeichert.

Innerhalb des Tools werden für den IST-Zustand und für den PLAN-Zustand nach der Auswahl der erforderlichen ökologischen Maßnahmen die Energieerzeugung und der Jahresertrag aus der Vergütung nach EEG berechnet (Abbildung 5).

Die Kapitalisierung des zusätzlichen Ertrags, der aufgrund der Maßnahme durch eine erhöhte Vergütung nach EEG erzielt werden kann, gibt an, in welcher Höhe eine mögliche Investition in ökologische Maßnahmen durch das EEG abgedeckt ist.

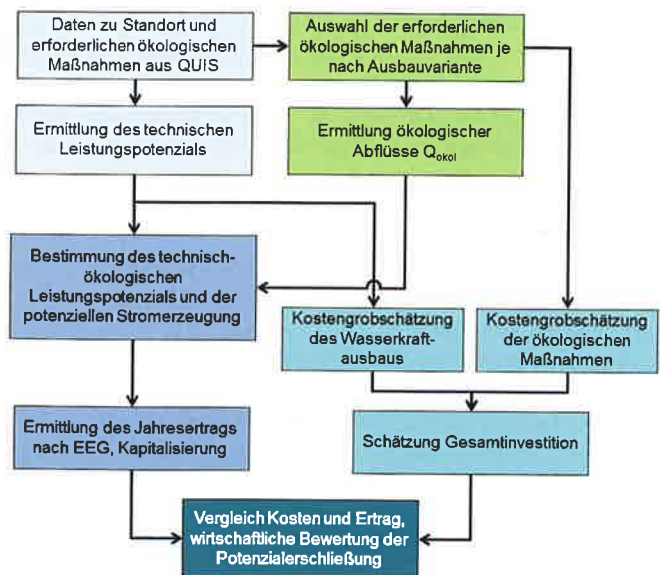


Abb. 7: Berechnungsschema zur wirtschaftlichen Bewertung des Neubaus einer Wasserkraftanlage bei bestehender Wasserkraftanlage

Abbildung 6 zeigt das entsprechende Berechnungsformular, in dem die aktuelle (IST-Zustand) und die zukünftige (PLAN-Zustand) Jahresarbeit dargestellt sind. Darüber hinaus werden der jeweilige Jahresertrag [€/a] sowie der kapitalisierte Ertrag im PLAN-Zustand im Formular aufgeführt.

Mit Hilfe dieser Daten ist die Behörde in der Lage, Kosten und Erträge bei Planungen einzuschätzen und eventuell erforderliche zusätzliche Fördermittel für die ökologische Verbesserung zu ermitteln. Unter bestimmten Umständen kann auch der Rückbau durch Ablösung einer Anlage sinnvoll sein.

### Ermittlung des zusätzlichen Wasserkraftpotenzials

Die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Rheinland-Pfalz betrug in 2010 etwa 1,1 Mrd. kWh bei einer installierten Leistung von 232 MW [8]. Damit leistete die Wasserkraft an der

#### Unser Expertentipp

**Merkblatt DWA-M 509**  
Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung

**DWA-Themen**  
Naturnahe Sohlengleiten

**Merkblatt DWA-M 509**  
Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung  
334 Seiten, DIN A4  
ISBN 978-3-942964-91-3  
€ 134,00/€ 107,20\*

**DWA-Themen**  
Naturnahe Sohlengleiten  
Januar 2009,  
142 Seiten, 152 Bilder,  
DIN A4  
ISBN 978-3-941089-34-1  
€ 72,00/€ 57,60\*

\* für fördernde DWA-Mitglieder



gesamten Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz einen Anteil von 6,7 Prozent. Der Großteil der Leistung, nämlich 224 MW, ist in 24 relativ großen Wasserkraftanlagen installiert, die über eine installierte Leistung > 1 MW verfügen. Die übrige Leistung verteilt sich auf ca. 160 Wasserkraftanlagen geringerer Leistung. An zahlreichen Standorten dieser Anlagen werden in den kommenden Jahren ökologische Maßnahmen erforderlich.

Nach § 35 (3) WHG müssen die Behörden Staustufen und sonstigen Querverbauungen auf deren Möglichkeiten zur Wasserkraftnutzung prüfen.

Mit dem Werkzeug „Wasserkraftpotenzial“ kann in QUIS auf Grundlage der vorhandenen Daten ermittelt werden, wie groß das Zubaupotenzial an bisher ungenutzten Wehrstandorten ist bzw. welche zusätzliche Stromerzeugung sich durch den Ausbau eines Standortes mit bestehender Wasserkraftnutzung ergibt. Dabei werden die erforderlichen ökologischen Maßnahmen und die dafür benötigten ökologischen Abflüsse ( $Q_{\text{ökol}}$ ), die gegebenenfalls nicht für die Wasserkraftnutzung zur Verfügung stehen, berücksichtigt.

Abbildung 7 zeigt das Berechnungsschema am Beispiel einer bestehenden Wasserkraftnutzung am Standort.

Für jeden Standort kann so das technisch-ökologische Zubaupotenzial als mögliche zusätzliche Jahresarbeit und zusätzliche Stromerzeugung abgeschätzt werden. Ob ein Standort wirtschaftlich realisierbar ist, hängt von den Investitionen der Gesamtanlage und dem durch Stromverkauf bzw. Eigennutzung zu erzielenden Ertrag bzw. Einsparpotenzial ab.

Unter Berücksichtigung der ökologischen Maßnahmen konnte ein technisch-wirtschaftliches Zubaupotenzial von ca. 5,5 MW identifiziert werden [9], wobei der Ausbau der Kraftwerke an Mosel und Saar nicht berücksichtigt wurde.

## Datenverarbeitungs-Architektur

QUIS wurde von Beginn an in die vorhandenen Strukturen der Datenhaltung der Wasserwirtschaft in Rheinland-Pfalz integriert, sodass keine zusätzlichen Investitionen in die Informationstechnik erforderlich waren.

Zur Entwicklung und Fortschreibung des QUIS wurden die folgenden Technologien verwendet:

- Oracle (Datenbank)
- WebGenesis
- Java
- Hibernate
- JavaScript, Ajax
- XML, XSLT

Die Daten liegen in der landesweit zentralen Oracle-Datenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz vor. Die Anwender erhalten Zugang zu QUIS über DataScout, das Internet-Portal für wasserwirtschaftliche Fachanwendungen in Rheinland-Pfalz. Die Kartendarstellung und die GIS-Funktionalitäten stehen über den GIS-Client der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes zur Verfügung.

## Fazit

Das Land Rheinland-Pfalz hat sich durch den Aufbau eines umfassenden, web-basierten Datensystems die Möglichkeit ge-

schaffen, schnell auf Umweltdaten zugreifen und diese gegebenenfalls aktualisieren zu können. Das Querbauwerke Informationssystem QUIS ist in dieses Datensystem integriert. Neben umfangreichen, übersichtlich strukturierten Daten zu Standorten von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen können Karten zu verschiedenen Themen wie Durchgängigkeit und Lebensraumveränderung durch Stau und Ausleitung generiert werden. Darüber hinaus verfügt das System über Berechnungswerkzeuge (Tools), die die Arbeit der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Wasserwirtschaftsverwaltung unterstützen. Mit Hilfe des Tools „Maßnahmen und Kosten“ können die Kosten für Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit berechnet werden. In einem weiteren Tool können die Auswirkungen von ökologischen Maßnahmen und den zugehörigen ökologischen Abflüssen auf die Jahreserzeugung und den Ertrag von Wasserkraftanlagen ermittelt werden. Damit kann u. a. für einzelne Standorte eingeschätzt werden, ob eine erhöhte Vergütung nach EEG zur Finanzierung des ökologischen Ausbaus der Wasserkraftnutzung ausreicht oder ob ein zusätzlicher Förderbedarf besteht. Das Tool „Wasserkraftpotenzial“ ermöglicht die Ermittlung des Zubaupotenzials an bestehenden Standorten von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen.

## Literatur

- [1] Anderer, P.; Dumont, U.; Heimerl, S.; Ruprecht, A.; Wolf-Schumann, U.: *Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland*. In: *Wasserwirtschaft* 100 (2010-a), Nr. 9, S. 12.
- [2] EEG, *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien*, 1. Januar 2012
- [3] WHG, *Wasserhaushaltsgesetz*, vom 31. Juli 2009
- [4] Richtlinie 100/06/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- [5] Hydrotec: *Querbauwerke-Informationssystem QUIS – Web-Technik unterstützt Rheinland-Pfalz beim Erreichen einer guten Gewässerqualität*, Hydrothemen Nr. 10 (Kundenzeitschrift), 2006
- [6] Anderer, P., Dumont, U., Linnenweber, C., Schneider, B.: *Durchgängigkeit der rheinland-pfälzischen Gewässer, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 2008, Nr. 10
- [7] Anderer, P., Dumont, U., Linnenweber, C., Massmann, E.: *Entwicklungskonzept ökologische Durchgängigkeit Rheinland-Pfalz*, *Wasserwirtschaft* 9 2010, S. 34–38.
- [8] <http://www.mwkel.rlp.de/Klimaschutz,-Energie/Erneuerbare-Energien/Wasserkraft/> Aufruf 20.09.2013
- [9] Anderer, P., Dumont, U., Linnenweber, C., Schneider, B.: *Das Wasserkraftpotenzial in Rheinland-Pfalz, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 2009 / (2) Nr. 4

## Autoren

Dipl.-Phys. Pia Anderer  
Dipl.-Ing. Rita Keuneke  
Ingenieurbüro Floecksmühle  
Bachstraße 62-64, 52066 Aachen

E-Mail: [ib@floecksmuehle.com](mailto:ib@floecksmuehle.com)

Dipl.-Math. Bettina Stark  
Dipl.-Ing. Ulrich Wolf-Schumann  
Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt  
Bachstraße 62-64, 52066 Aachen

E-Mail: [mail@hydrotec.de](mailto:mail@hydrotec.de)

