

# **GESREAU : ein Konzept für ein integriertes Management der Fließgewässer**

Autor(en): **Crausaz, P.-A. / Musy, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **97 (1999)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235532>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# GESREAU: Ein Konzept für ein integriertes Management der Fließgewässer

Im Streben, den vielfältigen Bedürfnissen unserer Gesellschaft nachzukommen, werden die zuständigen Behörden im Bereich der Wasserverwaltung vor immer komplexere Probleme gestellt. Das Projekt GESREAU beabsichtigt die Verwirklichung eines Konzeptes für integrierte Wasserverwaltung basierend auf modernen Mitteln der Datenanalyse und der Simulation. Das Kernstück des Projektes ist die Erstellung einer raumbezogenen Datenbasis, die sämtliche Daten im Zusammenhang mit der Wasserverwaltung umfasst. Dieser Artikel zeigt den im Projekt eingeschlagenen Weg auf und berichtet über den Stand der Entwicklung, über die in gewissen waadtländischen Verwaltungen eingesetzten Mittel der Informatik und über Perspektiven für die Zukunft.

*La tâche des gestionnaires de l'eau devient de plus en plus complexe pour répondre aux exigences et besoins multiples de notre société. Le projet GESREAU tend à mettre en place un concept pertinent de gestion intégrée des eaux mettant en œuvre des outils modernes d'analyse et de simulation. Le cœur du projet est l'élaboration d'une base de données à référence spatiale contenant l'ensemble des informations ayant à trait la gestion de l'eau. Cette communication présente la démarche adoptée pour la réalisation de ce projet, son état d'avancement, l'outil informatique installé au sein de certains services de l'administration vaudoise et les perspectives à venir.*

La gestione delle risorse idriche comporta la risoluzione di problemi sempre più complessi per poter rispondere alle esigenze ed ai molteplici bisogni della nostra società. Il progetto GESREAU intende sviluppare un concetto pertinente di gestione integrata delle acque, realizzando dei mezzi moderni per l'analisi e per la simulazione. Il nucleo del progetto è basato sull'elaborazione di una base di dati a riferimento spaziale, contenenti l'insieme d'informazioni necessarie alla gestione delle risorse idriche. Questo articolo presenta la metodologia adottata per la realizzazione del progetto, lo stato di avanzamento dello studio, lo strumento informatico installato all'interno di alcuni servizi dell'amministrazione valdese e le prospettive future.

P.-A. Crausaz, A. Musy

## 1. Einleitung

Das Management der Fließgewässer in der Schweiz ist zu einem komplexen Problem geworden. In der Entwicklung ihrer Aktivitäten beansprucht unsere Gesellschaft viel Raum. Grosse Ameliorationsarbeiten und Flusskorrekturen haben die Benutzung von Gebieten möglich gemacht, die ursprünglich für Landwirtschaft und Überbauung ungeeignet waren. Die Konzentration gesellschaftlicher Aktivitäten in potentiellen Überschwemmungsgebieten und in der Nähe von Flussläufen führt dazu, dass Hochwasser

vermehrt zu grossen materiellen Schäden führen und auch Leben fordern kann. Die Veränderung der Bodennutzung hat ausserdem die Reaktion der Einzugsgebiete auf mittelstarke Regenereignisse akzentuiert: die Erosion der Flussbette findet verstärkt statt und die Überschwemmungsrisiken sind erhöht worden. An diese Faktoren ist eine erhöhte Sensibilisierung für Umweltschutzaspekte anzufügen, welche in neuen rechtlichen Nutzungsbeschränkungen zum Ausdruck kommt. Die Möglichkeiten der Korrektur und der Verbauung von Fließgewässern werden dadurch zusätzlich eingeschränkt.

Die Verwalter der Gewässer sind also ei-

ner Zunahme der Beanspruchung des Gewässernetzes und einer Beschränkung der Möglichkeiten zur Korrektur und Verbauung gegenübergestellt.

Um auf diese neuen Einschränkungen reagieren zu können, haben sich das Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt (Service des eaux et de la Protection de l'Environnement), das Ameliorationsamt (Service des Améliorations Foncière) und das Tierschutzamt (Conservation de la Faune) der Waadtländer Verwaltung mit dem Institut für die Bewirtschaftung des Bodens und der Gewässer (Institut d'Aménagement des Terres et des Eaux) der Abteilung für Kulturingenieurwesen (Dept. de Génie Rural) an der ETH Lausanne zusammengeschlossen, um ein neues Konzept des Gewässermanagements zu entwickeln. Das Projekt GESREAU (für Gestion des Ressources en EAU) hat die Ausarbeitung eines neuen Konzeptes für die Verwaltung der Gewässer zum Ziel, welches eine integrierte und globale Behandlung der Problematik ermöglichen soll.

In der ersten Etappe des Projektes wurde eine Datenbankstruktur entwickelt, welche die Integration der Daten verschiedener Akteure des Gewässermanagements ermöglicht. Eine Informatik-Anwendung ist entwickelt worden und steht in den Ämtern der Verwaltung im Einsatz. Die zweite Etappe besteht aus der Entwicklung eines Systems der Entscheidungshilfe, welches Simulationsmodelle und Modelle für die räumliche Datenverwaltung integriert und die Berechnung von synthetischen Parametern ermöglicht, welche zweckdienlich für die Entscheidungshilfe sind.

Dieser Beitrag zeigt den Stand der Entwicklung des Projektes und die Zukunftsperspektiven der damit verbundenen Informatikanwendung auf.

## 2. Das Konzept GESREAU

Das globale und integrierte Management der Gewässer, Ziel des Projektes GESREAU, beinhaltet eine erste Etappe der klassischen Analyse, durch welche der Ge-



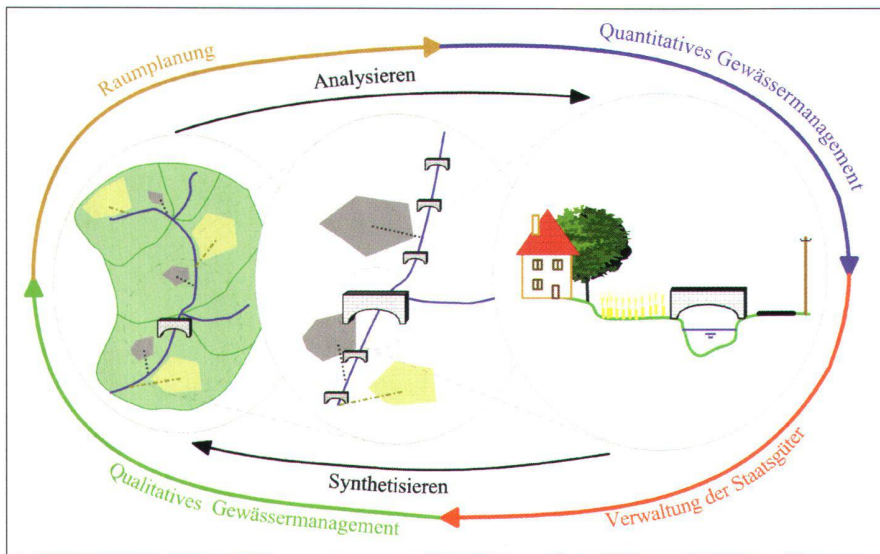


Abb. 1: Integriertes und globales Managementkonzept.

genstand des Problems in verschiedene Teile aufgegliedert wird. Jedes dieser Teile wird separat geprüft in Bezug auf die definierten Ziele in jedem Sektor des Managements (Abb. 1). In der anschließenden Etappe der Synthese werden die analytischen Informationen zusammengefügt und in ihrem lokalen, regionalen und globalen Kontext miteinander in Beziehung gesetzt (Probst und Ulrich, 1989). Der Sinn eines globalen Ansatzes besteht darin, das Problem auf den verschiedenen Ebenen seines geographischen Kontextes zu erfassen und die Systemdynamik zu verstehen, um über einen zu sektoriellen Ansatz hinwegzukommen.

Wenn man dieses Vorgehen an der Bewertung einer Flussverbauung (z.B. einer Brücke) und aus der Sicht der Gewässerverwaltung illustriert, besteht die erste Etappe aus der Einbettung dieser Verbauung in den Kontext des Einzugsgebietes (linker Teil der Abb. 1). Die Oberflächenanalyse des Einzugsgebietes und eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der Bodennutzung ermöglichen es, die potentiellen Flüsse durch die Verbauung abzuschätzen. In der zweiten Etappe wird das Verhalten der hydraulischen Einrichtungen flussaufwärts und flussabwärts des Querschnittes untersucht (mittlerer Teil der Abb. 1). An diesem Punkt erlauben es die Abklärungen, die Grenzen des existierenden Systems

aus der Sichtweise der verschiedenen Management-Kriterien zu verstehen und die aktuellen und zukünftigen Projekte miteinzubeziehen. In der lokalen Analyse (rechter Teil der Abb. 1) wird schliesslich das Verhalten der Verbauung selbst und dessen Eingliederung in die nähere Umgebung bestimmt. Die Analyse wird aus den verschiedenen Blickwinkeln der Gewässerspezialisten vorgenommen. In der Abb. 1 haben wir nur vier Betrachtungsweisen berücksichtigt: die Raumplanung, das quantitative Gewässermanagement, die Verwaltung des Staatsgutes und das qualitative Gewässermanagement. Je nach der Natur des Projektes ist diese Liste natürlich zu ergänzen.

Die Resultate jeder Analyse werden daraufhin integriert und auf den verschiedenen Management-Ebenen miteinander verglichen, um auf die hauptsächlichen Auswirkungen schliessen zu können. Diese Synthese ist von grundlegender Wichtigkeit, um zu einer Projektlösung zu kommen, welche die Rahmenbedingungen optimal integriert. Zum Beispiel könnte der Verantwortliche für die Gebietsplanung auf die Existenz einer Elektrizitätsleitung entlang des linken Ufers hinweisen, und der Biologe, verantwortlich für die Wasserqualität, auf eine empfindliche Zone wenig flussabwärts. Für ein effizientes Projektmanagement müssen diese beiden Zwänge von Anfang an in der

Konzeption der Verbauung mitberücksichtigt werden.

Das Ziel des integrierten und globalen Managements erfordert den Einsatz von Informatik-Mitteln für die Bearbeitung der Information. Das GESREAU-Projekt impliziert deshalb die Entwicklung einer Informatik-Anwendung. Diese Anwendung muss sich in eine existierende Verwaltungsstruktur eingliedern und ein verbessertes Verständnis des Gebietes und seiner Funktionsweise ermöglichen. Sie stützt sich auf den Einsatz von verschiedenen Modellen der räumlichen oder zeitlichen Analyse (Abb. 2) sowie auf Simulationsmodelle dynamischer natürlicher und anthropogener Phänomene. Die eingesetzten Mittel bestehen aus einem System von Informationen mit räumlichem Bezug (SIRB), welches ein geographisches Informationssystem (SIG) gekoppelt an ein System der Datenbankverwaltung (SDBV) umfasst. Dieses Paar (SIG + SDBV) funktioniert wie ein Verwalter (engl. Server) von Informationen bezüglich des Gewässermanagements (GESREAU I). Es ermöglicht die Analyse von Informationen durch räumliche und semantische Operatoren. Die integrierten Informationen stammen aus Feldmessungen und Verwaltungsdossiers oder werden von privaten Verbänden und Konsulenten eingeholt (Crausaz und Musy, 1996). Sie werden ergänzt durch Simulationsresultate (GESREAU II), durch Ergebnisse aus Anwendungen der räumlichen Analyse, wie GIS-Anwendungen im Raster-Modus, sowie durch Ergebnisse aus Anwendungen der zeitlichen Analyse vom Typ CODEAU (de Souza, Consuegra et al. 1994).

## 2.1 GESREAU I

### 2.1.1 Ziele

Das Ziel dieser ersten Etappe ist die zentrale Sammlung derjenigen Informationen, welche für das Gewässermanagement nützlich sind. Das hauptsächliche Resultat dieser ersten Etappe ist die Struktur einer Datenbank für eine informationelle Verwaltung räumlicher Informationen des integrierten Gewässermanagements. Die Benutzung einer solchen Informationsverwaltung hat folgende



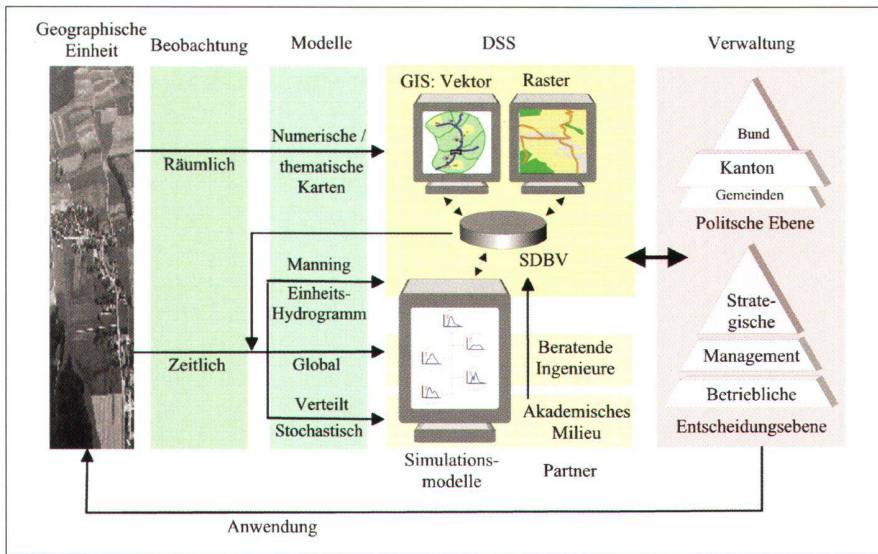


Abb. 2: Das Konzept des GESREAU.

Vorteile innerhalb der Administration:

- *Verbesserte Kommunikation* zwischen den verschiedenen Dienststellen des Staates, welche über Entscheidungskompetenzen im Bereich der Gewässer verfügen.
- *Einfach zugängliche und vollständige Information.* Wenn die Datenbank logisch organisiert ist mit Verbindungen zwischen den Objekten, welche durch räumliche oder semantische Beziehungen bestimmt sind, kann der Benutzer rasch einen Überblick über ein bestimmtes Projekt und seinen geographischen und administrativen Kontext gewinnen.
- *Verbesserte Kohärenz zwischen den Informationen* aufgrund der genauen Struktur der Datenbank. Tatsächlich handelt es sich bei der Normalisierung der Daten einheitlicher Art um eine wichtige Arbeit der Nummerisierung.
- *Die Dauerhaftigkeit der Daten ist garantiert.* Die zentralisierten Informationssysteme sind sehr zuverlässig bezüglich der Speicherung der Information.

Der allgemeine Gewinn besteht natürlich aus einem verbesserten Funktionieren der Verwaltung: die Vorprojekte sind kohärenter und die Entscheidungen werden mit einer verbesserten Kenntnis der laufenden Projekte und der geographischen Umgebung getroffen.

### 2.1.2 Ablauf

Die Strukturierung des SDBV einer Administration muss mehreren Bedingungen gerecht werden:

- *Einbezug in die Datenbank existierenden Informationen,* die in den verschiedenen Dienststellen der Verwaltung gesammelt wurden
- *Optimisierung des Zugangs zu den Daten innerhalb der Dienststellen.* Die Datenbank ist ein vorzügliches Instrument der internen Kommunikation und der Verteilung von Informationen gegen aussen.
- *Universalität:* die Daten aller am Gewässermanagement Beteiligten müssen in die Datenbank integriert werden. Diese Beteiligten haben unterschiedliche Interessen auf verschiedenen Anwendungsebenen.
- *Offenheit:* der Einbezug neuer Infor-

mationen, welche aus der Erweiterung der Staatskompetenzen oder aus dem technischen Fortschritt hervorgehen, muss garantiert sein.

Um diesen verschiedenen Bedingungen gerecht zu werden, wurde die Modellisierung der Daten, die die Datenorganisation in der Informatikanwendung bestimmt, mit grosser Sorgfalt ausgeführt. Im Zusammenhang dieser Datenstrukturierung der Daten kommt der räumlichen Komponente, welche an die Topologie der Geländeobjekte gebunden ist, besondere Bedeutung zu (Prelaz-Droux 1995; Crausaz und Musy, 1996; Crausaz und Musy, 1997; Parent et al., 1997). Tatsächlich hat eine auf dem Gelände beruhende Datenbankstruktur zahlreiche Vorteile. Sie stellt ein echt integriertes Management-Instrument dar, weil alle Daten, selbst spezifische, auf derjenigen räumlichen Einheit ins System eingegeben werden können, welche sie beschreiben. Der Zugang zur Information ist vereinfacht, weil das SDBV einer solchen Datenmodellierung wie das Gelände organisiert ist und deshalb dem allgemeinen Verständnis des Benutzers zugänglich ist. Diese Informationsstruktur bietet auch die Möglichkeit, das SDBV mit verschiedenen Simulationsmodellen zu verbinden, weil letztere eine Abstrahierung des Geländes für die Untersuchung eines dynamischen Prozesses darstellen. Die Herstellung einer Verbindung zwischen dem GIS und einem Simulationsmodell beschränkt sich deshalb auf die Bestimmung der synthetischen Parameter aus der Geländeinformation und, nach der Simulation, auf das Eingliedern der Resultate in

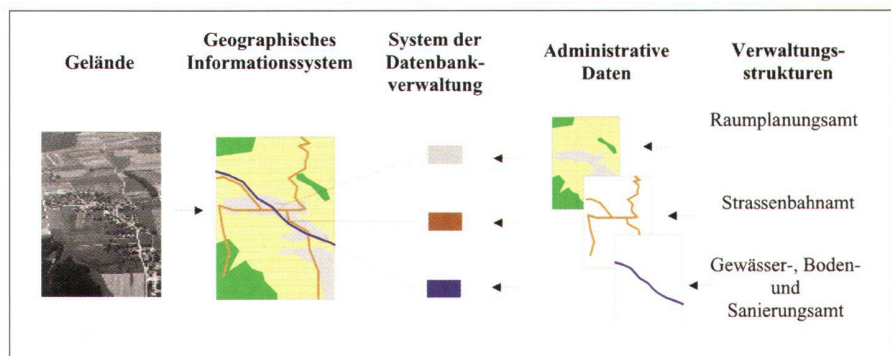


Abb. 3: Darstellung der Strukturierung des SIRB GESREAU.



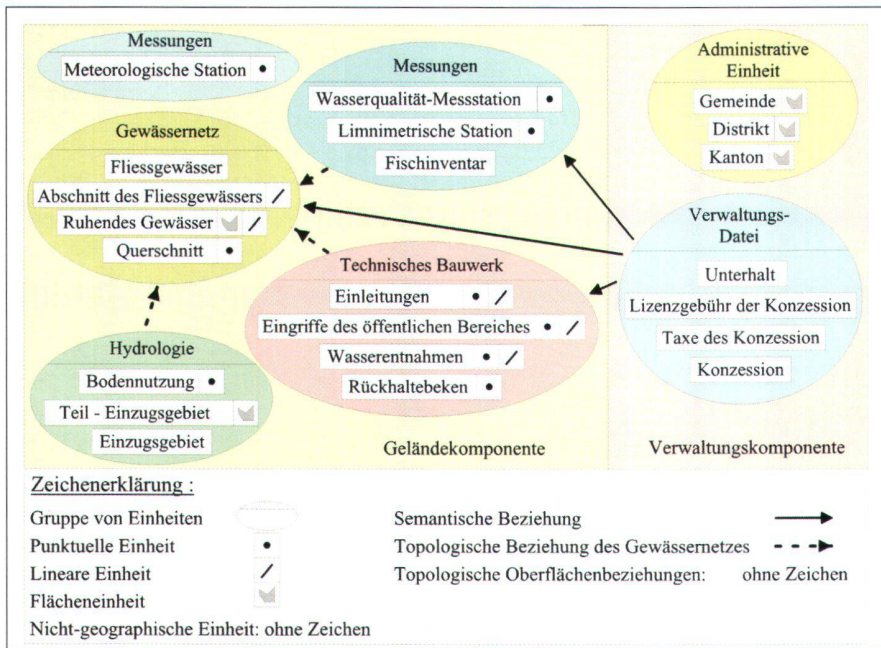


Abb. 4: Schematische Darstellung des Datenmodells von GESREAU<sup>1</sup>.

die geographische Einheit, die durch sie charakterisiert wird.

### 2.1.3 Tragfähigkeit des Resultates

Die gewählte Strukturierung der Daten ist das Resultat einer sorgfältigen Abwägung zwischen der Wahrnehmung des Geländes und der existierenden Verwaltungsorganisation (Abb. 3). Das Gelände stellt die Basis für die Datenbankstruktur derjenigen Einheiten dar, welche eine physische Realität haben. In diese Basis haben wir, mit einem Minimum von Anpassungen, die existierenden Verwaltungsdaten eingebaut.

Im Datenmodell GESREAU kommt diese Dualität zum Ausdruck (Abb. 4). Im linken Teil der Abbildung bestimmt der räumliche Charakter die Beschreibung der Objekte (die Attribute entsprechen gemessenen Werten der physischen Geländeobjekte) und die existierenden Beziehungen unter ihnen (diese Beziehungen sind topologischer Natur). Dieser Teil entspricht einer Beschreibung des Geländes und wird von der administrativen Organisation nicht beeinflusst. Er ist deshalb universell und kann in einem anderen administrativen Kontext wiederverwendet werden.

Die im rechten Teil der Abbildung beschriebenen Einheiten sind spezifisch für die administrative Organisation, welche für das Gewässermanagement zuständig ist, im Beispiel der Kanton Waadt. Dieser Teil des Datenmodells benötigt Anpassungen, um in einer anderen Administration verwendet werden zu können. Man denkt natürlich an gewisse Terminologien, die spezifisch sind für jede Verwaltung. Das Ausmass der nötigen Anpassungen ist im Falle der schweizerischen kantonalen Verwaltungen jedoch bescheiden, weil die Problembereiche der Gewässerverwaltung und die rechtlichen Bestimmungen, die auf Bundesebene bestimmt werden, identisch sind.

## 2.2 GESREAU II

### 2.2.1 Einleitung

Ein Instrument für die Entscheidungsfindung (engl. decision support system, DDS), ist eine Informatikanwendung, welche verschiedene Arten von Programmen umfasst, die den Entscheidungsträgern zur Unterstützung dienen. In der Kombination von räumlicher Analyse der GIS und Resultaten der Simulationsmodelle werden die DDS zu einer entscheidenden Hilfe im Entscheidungsfindungsprozess einer Verwaltung.

Ein integriertes Management muss jedoch eine Vielzahl von Interessen (Abb. 1) und geographischen Kontexten (Ebene, Berge, Stadt, Land etc.) sowie unterschiedliche Ausmasse der Dokumentation (Gebiete mit keinen, wenig und viel Daten) berücksichtigen. Um dieser Heterogenität der Situationen gerecht zu werden, muss das DDS sehr flexibel sein bezüglich der räumlichen Darstellung und der simulierten Prozesse.

Definitionsgemäss sind GIS Instrumente, welche räumliche Daten integrieren, verwalten und darstellen. Die Auflösung der Information muss an die untersuchte Problematik und ihren Kontext angepasst werden. Eine zu allgemeine Information ist mangelhaft, während zu detaillierte Informationen zu Problemen der Organisation (Erhebungs- und Aktualisierungskosten) und der Technik (Verarbeitungszeit, Speicherplatz) führen. Was GESREAU betrifft, fällt das Informatik-Instrument dem Kanton zu. Das System wird abgefragt, um häufig auftretende operationelle Probleme zu lösen, aber es stellt auch eine wertvolle Hilfe für strategische Fragestellungen dar.

Die Simulationsmodelle hängen stark von den reproduzierten Prozessen und den vorgenommenen Hypothesen ab. Sie sind sehr spezifisch für die untersuchten Kontexte und die zur Verfügung stehenden Daten. Es ist nicht möglich, eine vollständige Liste derjenigen Modelle aufzustellen, die in ein DDS für ein integriertes Management der Wasserressourcen einzubauen sind. Dies ist der Grund, weshalb GESREAU für diese Programme offen bleibt durch die Zur-Verfügungstellung von Basisinformationen, aber gleichzeitig grossen Wert auf die Integration aller Resultate durch ihre Archivierung legt (Abb. 2). Die Schnittstellen erlauben jedoch den Einsatz von einfachen und häufig eingesetzten Simulationsmodellen innerhalb der Verwaltung selbst.

Komplementäre Datenverarbeitungen ermöglichen es, aus allen gespeicherten Daten diejenigen synthetischen Parameter zu gewinnen, welche für das Management der Fließgewässer entscheidend sind. Tatsächlich beruhen die Entschei-



dungsfällungen nicht auf den rohen Werten einer Formel oder einer Simulation, sondern auf der Gegenüberstellung dieser Werte mit der geographischen Situation. Die räumliche Analyse, welche mit den GIS vorgenommen werden kann, gibt den Verantwortlichen eine gesamtliche Sicht der zu verwaltenden geographischen Einheit. Das Instrument zur Analyse und zur Entscheidungsfindung GESREAU wurde in diesem Sinne entwickelt.

## 3. Anwendung

### 3.1 Die Daten

Die im GESREAU I aufgenommenen Daten stammen aus verschiedenen Quellen, hauptsächlich aber aus den verschiedenen Ämtern des Kantons Waadt. Es wurde keine einzige Geländeerhebung für die spezifischen Bedürfnisse von GESREAU vorgenommen. Alle Informationen waren in archivierten Dossiers bereits vorhan-

den. Sie sind wegen eines Mangels an Zugänglichkeit nie ausgenutzt worden. Eine wichtige Arbeit von ca. fünf Ein-Personen-Arbeitsjahren war das Durchkämmen der archivierten Dossiers, um die normalisierten Daten zu beschaffen, und ihre folgende Eingabe ins Informatik-System. Das totale Volumen der alphanumerischen Information ist im Moment ungefähr 150 MB.

### 3.2 Die Datenverarbeitung<sup>2</sup>

Die Informatik-Anwendung ist in der Verwaltung des Kantons Waadt seit Herbst 1996 im Einsatz. Eine grosse Anstrengung ist unternommen worden, um Funktionen zu entwickeln, die den Bedürfnissen der Anwender angepasste Abfragen ermöglichen. Die Datenverarbeitung erlaubt die Erhebung und die Aktualisierung der Daten, so dass die Kohärenz der Datenbank gewährleistet ist.

Die ausgeführten Entwicklungen auf der

Basis des Gewässernetz-Moduls ermöglichen topologische Analysen sowie die Suche von speziellen Objekten (Brücken, Abflusshöhen-Messstationen) flussaufwärts und flussabwärts eines Punktes des Flusslaufes. Es ist ebenfalls möglich, Bilanzen von Wasserentnahmen und Einspeisungen in einem Abschnitt des Gewässernetzes zu ziehen. Statistische Funktionen bestimmen den Prozentsatz der offenen oder bedeckten Flussabschnitte sowie die Vegetations-Umgebung des Flusslaufes. Die Verwaltung des Gewässernetzes erlaubt es auch, Teileinzugsgebiete zu einem topographischen Einzugsgebiet zu aggregieren. Oberflächenanalysen von Einzugsgebieten oder von Gemeindegebieten, oder von einem beliebigen, am Bildschirm eingegebenen Polygon, sind möglich.

Die Kenntnis der Geometrie der Fließgewässer ermöglicht die Ausarbeitung von Quer- und Längsprofilen der Flussbette unter Einbezug von Brücken und Verbauungen. Die Darstellung und der Ausdruck dieser Profile im Massstab sind mit der Hilfe von Spezialprogrammen möglich.

### 3.3 Die Anwendung GESREAU II

Die Informatik-Anwendung GESREAU II ist in Entwicklung. GESREAU II beinhaltet natürlich alle Entwicklungen für Archivierung, Konsultation und Analyse von GESREAU I. Auf dieser Basis, welche die primären Daten beinhaltet, werden Schnittstellen mit spezialisierten Komplementär-Anwendungen für das Gewässermanagement geschaffen (Abb. 5). Es handelt sich um Anwendungen für die Kartographie und für räumliche Analysen, welche die Integration von Raster und Vektordarstellung ermöglichen sowie um

Typ des Objekts	Anzahl	Source
Wasserläufe	38 850 Segmente oder 5500 km	Übersichtsplan 1:10 000
Einzugsgebiet	1300 Teileinzugsgebiete von 1–3 m <sup>2</sup> oder 3200 km <sup>2</sup>	Topographische Karte 1:25 000
Wasserentnahmestellen	750 Konzessionen	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt
Eingriffe des öffentlichen Bereiches	4700 Bewilligungen	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt
Einleitungen	erhoben: 7000	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt
Geometrische Flussaufnahmen	3700 aufgenommene Sektionen oder Punkte von Längsprofilen	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt
Bodennutzung	Hektar-Aufnahmen (1980 und 1992), d.h. 800 000 Punkte	Bundesamt für Statistik
Numerisches Höhenmodell	Anpassung ans Hektar-Raster, d.h. 800 000 Punkte	Bundesamt für Topographie
Quantitative Messstationen	50 Abfluss-Messstationen und 20 Regen-Messstationen	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt, Hydrologischer Landesdienst und die Schweizerische Meteorologische Anstalt
Qualitative Messstationen	220 Messstationen	Tierschutzamt
Anschlüsse	60 Anschlüsse an Stauseen für die Energieproduktion	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt
Biotopserhebungen	4600 Flussarme	Conservation de la Faune
Stauungen	120 Rückhaltebecken und 40 Rückhaltewerke	Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt
Gemeinden	390 Waadtländer Gemeinden	Raumplanungsamt

Tab. 1: Liste der Objekte GESREAU I.

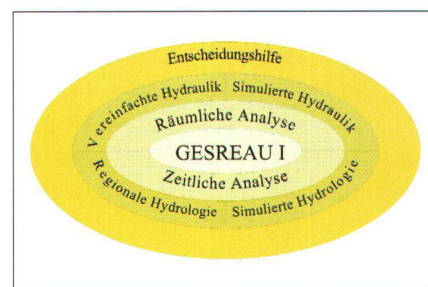


Abb. 5: Aufbau des DSS GESREAU II.



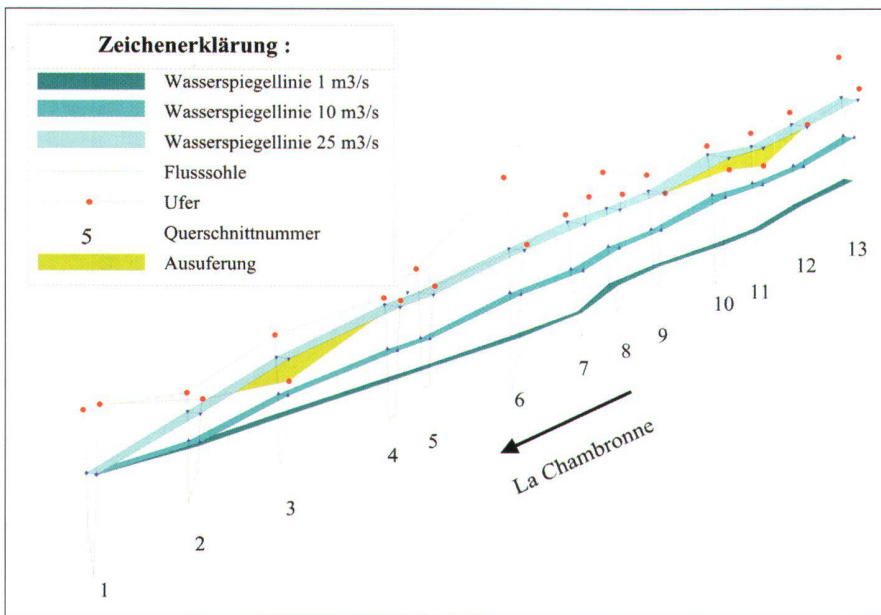


Abb. 6: Simulationsergebnis mit HEC-RAS.

Anwendungen für zeitliche Analysen wie z.B. CODEAU.

Routinen für hydrologische und hydraulische Abklärungen werden für das quantitative Gewässermanagement ebenfalls benötigt. Bezüglich der Hydraulik liefert die Formel von Strickler eine erste Abschätzung der Kapazität der Querschnittsprofile. Sie genügt sicher nicht, um die Kapazität eines Querschnittes genau zu bestimmen, aber sie ermöglicht es immerhin, auf Inkohärenzen und sensible Punkte des Gewässernetzes hinzuweisen. Um diese erste Abklärung zu verfeinern, ist die Wahl für HEC-RAS<sup>3</sup> getroffen worden (Abb. 6). Dieses Programm, in der Waadtländer Verwaltung bereits benutzt, erlaubt es, ausgehend von der Berechnung der Wasserlinie, Diagnosen über die Kapazität der Flussbette zu erstellen. GES-REAU liefert hauptsächlich die Geometrie der Flussbette und Anhaltspunkte über die Projektabflüsse durch Regionalisierung (siehe weiter unten). Die geometrischen und hydraulischen Anpassungen werden über die Eingabe-Schnittstelle von HEC-RAS vorgenommen. Die ins GES-REAU nach der Simulation zurückübertragenen Daten umfassen die aus den Wasserlinien hervorgegangenen Abflusskurven sowie die Meta-Information über den Simulationsverlauf.

Die hydrologische Analyse beinhaltet die Anwendung einer Formel für die Regionalisierung innerhalb des GIS selbst (Niggli und Consuegra 1998). Diese Formel, inspiriert durch die von Bruschin und Falvey (1973) studierte Methode, ermöglicht die Bestimmung der Projekt-Abflüsse an den Ausflüssen aller Einzugsgebiete, welche grösser als 10 km<sup>2</sup> sind, mit Ausnahme der Alpenen Einzugsgebiete und derjeni-

gen, die eine Undurchlässigkeits-Rate von über 10% haben. Die Durchführung dieser Methode ist an die im GESREAU enthaltenen Funktionen angepasst.

Die Integration von hydrologischen Simulationsmodellen ist nötig, um die Probleme der Veränderung der Bodennutzung zu verstehen und um über Hochwasser-Hydrogramme auf dem Gewässernetz zu verfügen. Im Moment werden zwei Methoden geprüft, eine ereignisbezogene mit Visual Otthymo<sup>4</sup> und eine kontinuierliche mit einer Entwicklung ad-hoc. In dieser Prüfung wird nicht nur Wert auf die Identifizierung der Integrationsprobleme ins GESREAU gelegt, sondern hauptsächlich auch auf die Bewertung der Anpassung der zur Verfügung stehenden Simulationsmodelle an die Bedürfnisse der Verwaltungsorgane.

Die letzte Stufe schliesslich besteht aus der Anwendung von Routinen, welche die Synthese aller im System enthaltenen Informationen im Hinblick auf die zu fällende Entscheidung ermöglichen. Es geht darum, die quantitativen und/oder qualitativen Daten so darzustellen, dass die betrachtete Problematik in ihrer Gesamtheit erfasst wird. Bezüglich des quantitativen Gewässermanagements können diese Darstellungen zum Beispiel eine Graphik

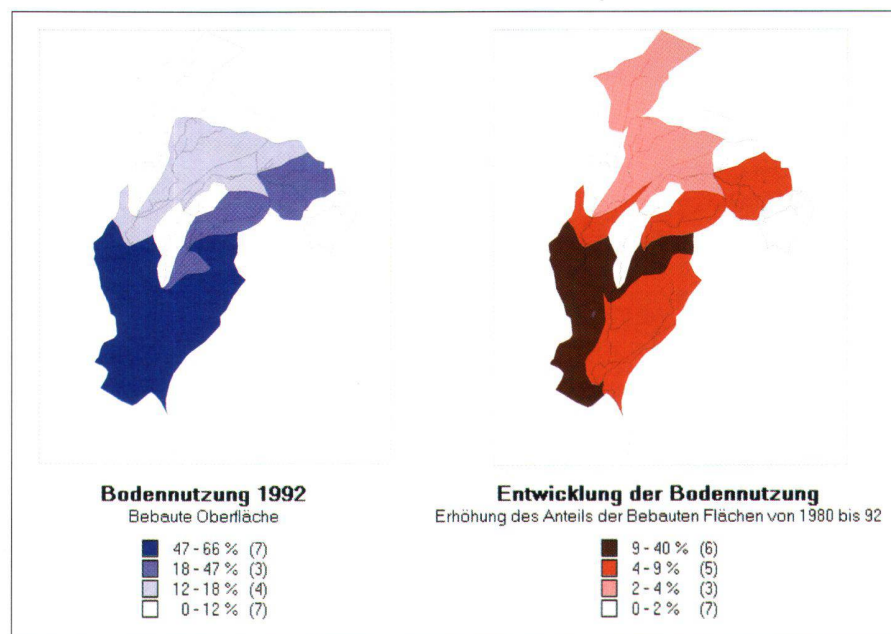


Abb. 7: Kartographische Darstellung der Bodennutzung des Einzugsgebietes der Mèbre und der Sorge in der Umgebung von Lausanne.



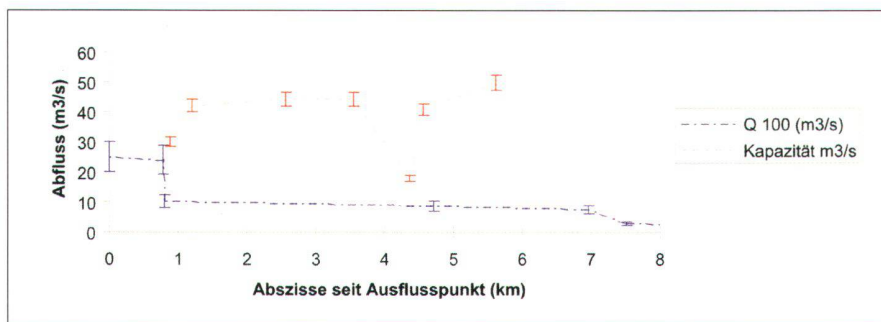


Abb. 8: Vergleich der Projekt-Abflüsse (Regionalisierung) und der Kapazität der Querschnitte, (Berechnung der Wasserlinie) der Querschnitte entlang der Mèbre in ihrem Lausanner Abschnitt<sup>6</sup>.

der Bodennutzung des Einzugsgebietes und ihrer Evolution (Abb. 7), eine Graphik der Projekt-Abflüsse unterschiedlicher Eintretenswahrscheinlichkeiten (Abb. 7) oder die Abflusskurve eines Querschnittes, kombiniert mit der Häufigkeitsanalyse der Abflüsse, sein.

## 4. Schlussfolgerungen und Perspektiven

Das Projekt GESREAU legt grossen Wert auf die Realisierung eines neuen Konzeptes des integrierten Gewässermanagements. Der Kern des Projekts ist ein System von Informationen mit räumlichem Bezug (SIRB) gekoppelt an Simulationsprogramme. Besonderes Gewicht ist auf die Strukturierung der Daten gelegt worden. Anstatt die Datenmodellierung auf die existierende Verwaltungsstruktur zu stützen, wurde sie auf einen System-Ansatz des Geländes gegründet. So wird die Datenbank unabhängig von Veränderungen im Verwaltungsapparat. Sie ist offen für alle Simulationsprogramme und ermöglicht ein völlig integriertes Angehen des Gewässermanagements.

Die Arbeiten im Zusammenhang mit der allgemeinen Modellierung der Datenbank sind abgeschlossen. Die Anwendung steht zur Zeit in den Dienststellen der Waadtländer Kantonsverwaltung im Einsatz. Die Anwendungen bezüglich der dynamischen Modellierung der betrachteten Systeme (Einzugsgebiet, Flusslauf etc.) sind in Entwicklung. Auf Zeit dienen sie der Einrichtung eines echten Unterstützungssystems für die Entscheidungs-

findung, welches im besonderen Masse die sozioökonomischen Faktoren integriert (Joerin 1998).

### Danksagungen

Die Autoren danken dem Gewässer-, Boden- und Sanierungsamt, dem Ameliorationsamt, dem Tierschutzamt und der Koordinationsgruppe Informatik des Baudepartamentes des Kantons Waadt für ihre wertvolle Unterstützung.

### Anmerkungen:

1. Das vollständige konzeptuelle Modell ist zu umfangreich um hier dargestellt zu werden. Es wird deshalb durch ein Schema illustriert.
2. Der an der Anwendung interessierte Leser kann die sich im Aufbau befindende Webpage des Projektes konsultieren: <http://dgrwww.epfl.ch/HYDRAM/recherche/plaquettes/gesreau.html>
3. [http://www.wrc-hec.usace.army.mil/software/vendor\\_list.html](http://www.wrc-hec.usace.army.mil/software/vendor_list.html)
4. <http://www.grnland.com/sftware/vo/visott.html>
5. Auf der Basis des Hektar-Rasters des Bundesamtes für Statistik
6. Die Punkte sind durch eine Linie verbunden, um sie leserlicher zu machen. Die Bestimmung der Projekt-Abflüsse wird durch die Angabe eines Vertrauensintervalles von ca. 20% nuanciert.

### Literaturverzeichnis:

Bruschin J., Falvey H., 1973. Risques relatifs aux crues, Réflexions à propos des résultats d'une analyse concernant la Suisse au nord des Alpes, EPF-Lausanne, Suisse, Communication du Laboratoire d'hydraulique.

Crausaz P.A., Musy A., 1996. GESREAU: un outil d'aide à la gestion des eaux appliqué au canton de Vaud. *Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural*, (Suisse) 5/96, 217–224.

Crausaz P.A., Musy A., 1997. GESREAU, un outil de gestion des eaux par une modélisation du territoire. *Revue Internationale de Géomatique*, 7, no 2. 127–139.

De Souza P.B., Consuegra D., Musy A., 1994. Codeau: A database package for the assessment and analysis of hydrometeorological data. In *Hydroinformatics'94*, Verwey and Balkema [Ed.], pp. 103–110.

Joerin F., 1998. Décider sur le territoire, Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère. Th. Doct. EPF de Lausanne, no 1755: 220 p.

Niggli M., Consuegra D., 1998. Regionalisation des débits de pointe et des courbes des débits classes pour les préalpes, le plateau et le jura vaudois. EPFL-IATE-HYDRAM, Lausanne, Suisse, Rapport interne, 35 p.

Parent C., Spaccapietra S., Zimányi E., Donini R, Plazanet, C., Vangenot, C., Rognon N., Crausaz P A., 1997. MADS, modèle conceptuel spatio-temporel. *Revue Internationale de Géomatique*, 7, no 3/4. In press.

Prélaz-Droux R., 1995. Système d'information et gestion du territoire, Approche systémique et procédure de réalisation; PPUR, Lausanne.

Probst G J. B., Ulrich H., 1989. *Pensée globale et management*; Editions d'Organisation, Paris.

Pierre-Andre Crausaz  
Andre Musy  
EPFL-IATE-HYDRAM  
CH-1015 Lausanne  
e-mail: pierre-andre.crausaz@epfl.ch  
andre.musy@epfl.ch