



Universitätslehrgang  
Geographical Information Science and Systems  
UNIGIS MSc 2002

**Master Thesis**

zum Thema

**Entwicklung eines Informationssystems  
zur Verwaltung und räumlichen Analyse von  
Wasserentnahmedaten im Einzugsgebiet der Ruhr**

eingereicht von:

Jan Patrick Huy

zur Erlangung des Grades

Master of Science (Geographical Information Science and Systems) – MSc (GIS)

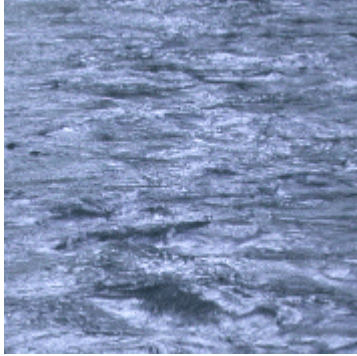
Essen, November 2004

Gutachter:

Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

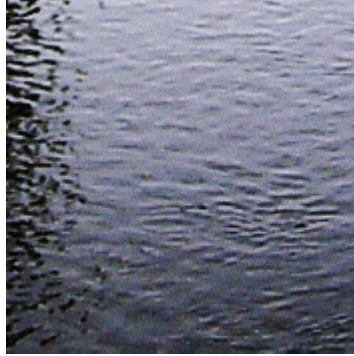
Zentrum für Geoinformatik Salzburg  
an der Paris-Lodron Universität Salzburg

[ Ruhr km 56.920 ]



[ 2002-11-28 12:02 MEZ ]

[ Volme km 1.271 ]



[ 2004-08-25 08:18 MEZ ]

[ Lenne km 6.922 ]



[ 2003-04-29 12:03 MEZ ]

**Wasser ist keine übliche Handelsware,  
sondern ein ererbtes Gut,  
das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss.**

[EU-Wasserrahmenrichtlinie]

---

## **Vorwort**

An die Wassermengenbewirtschaftung des Flusssystem im Einzugsgebiet der Ruhr, das u. a. zur Wasserversorgung von über 5 Mio. Menschen dient, werden besonders hohe Ansprüche gestellt. Ein Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Einhaltung einer Mindestwasserführung in Niedrigwasserzeiten, die nur durch eine vorausschauende Talsperrensteuerung gesichert werden kann. Hierzu gehen neben meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen auch Daten über die Wasserentnahmen und -entziehungen mit in den Entscheidungsprozess ein.

In der vorliegenden Arbeit wird ein computerbasiertes Informationssystem entwickelt, mit dessen Hilfe die Wasserentnahmedaten erfasst, verwaltet und räumlich analysiert werden können. Mit den Informationen aus dem Programmsystem sollen der Entscheidungsprozess der Talsperrensteuerung unterstützt sowie die Wassermengenbewirtschaftung optimiert werden. Das Informationssystem leistet damit auch einen Beitrag im Sinne des Leitsatzes der EU-Wasserrahmenrichtlinie: "Wasser ist keine übliche Handelsware, sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss".

Mein Dank gilt meinem Arbeitgeber – dem Ruhrverband – für die Unterstützung bei der Aufnahme des berufsbegleitenden Studiums und für das Angebot, ein praxisorientiertes Thema aus dem Bereich der Wasserwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Studieninhalte des Universitätslehrgangs 'Geographical Information Science and Systems' mit der vorliegenden Master Thesis bearbeiten zu können. Namentlich sei Herrn Prof. Dr. Gerd Morgenschweis, dem Leiter der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands, seinem Stellvertreter Herrn Georg zur Strassen und dem Programmierer des abzulösenden Programmsystems 'ENNE' Herrn Ortwin Rettkowski für ihre konstruktive Unterstützung gedankt.

Besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meiner Frau Julia von der Gathen-Huy und meinem Sohn Justus Kilian Huy, die mich während meines berufsbegleitenden Studiums und der Erstellung dieser Master Thesis motiviert, unterstützt und begleitet haben.

Essen, November 2004

Jan Patrick Huy

---

## **Erklärung der eigenständigen Abfassung**

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Essen, 24. November 2004

Jan Patrick Huy

Fahrenberg 15c  
45257 Essen  
Deutschland

patrick@huy.de

Matrikel Nr.: 0122258

Teilnehmer Nr.: U916

---

## Kurzfassung

### Veranlassung

Der Ruhrverband betreibt als einer der großen Wasserverbände in Nordrhein-Westfalen im 4485 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet der Ruhr ein zentral bewirtschaftetes Talsperrensystem, bestehend aus acht Talsperren mit einem Gesamtstauinhalt von 464,1 Mio. m<sup>3</sup>. Das Talsperrensystem entstand im Laufe von rd. 50 Jahren und dient der Niedrigwasseraufhöhung sowie dem Hochwasserschutz. Erst mit der Fertigstellung der Biggetalsperre im Jahre 1965 war das Talsperrensystem in der Lage, die Wasserversorgung des Ruhrgebietes, eine der dichtbesiedeltesten Industrieregionen Europas mit über 5 Mio. Einwohnern, sicherzustellen.

Besonders während sommerlicher Trockenperioden ist die Beanspruchung des Systems hoch; in diesen Niedrigwasserzeiten wird der Abfluss maßgeblich von den Wasserentnahmen und -entziehungen der Wasserwerke entlang der Ruhr beeinflusst. Bei der Wasserentnahme handelt es sich um die Gesamtmenge des aus Quellen, Grund- und Oberflächenwasser geförderten Wassers im Einzugsgebiet der Ruhr. Unter Entziehung wird der Teil der Entnahme verstanden, der dem Einzugsgebiet der Ruhr durch Export in benachbarte Einzugsgebiete und durch Verluste innerhalb des Einzugsgebietes (z. B. Verdunstung) verloren geht. Derzeit werden pro Jahr rund 550 Mio. m<sup>3</sup> Wasser aus dem Flusssystem entnommen und davon ca. 50 % exportiert. Damit auch in Niedrigwasserzeiten eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet werden kann, gehen neben meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen auch Daten über die Wasserentnahmen und -entziehungen mit in den Entscheidungsprozess zur Talsperrensteuerung ein.

Seit 1959 werden Informationen über die Wasserentnahmen und -entziehungen im Einzugsgebiet der Ruhr sowie über die Entnehmer, deren Entnahmestellen und die Verwendung des geförderten Wassers aus jährlich durchgeführten Fragebogenaktionen gewonnen. Diese Daten werden seit 1986 mit dem DOS-basierten Programmsystem ENNE (Entnehmer) erfasst, verwaltet und ausgewertet. Da das Programmsystem ENNE den geänderten inhaltlichen sowie technischen Anforderungen nicht mehr gerecht wird, sollte ein neues Programm entwickelt und realisiert werden.

## Anforderungen

Mit dem neuen Programmsystem war sicherzustellen, dass Funktionalitäten wie die Stammdatenverwaltung, die Verarbeitung der Wasserentnahmedaten und die Bereitstellung von Standardauswertungen, wie sie über das System ENNE zur Verfügung standen, weiterhin unterstützt werden. Als Weiterentwicklung sollten die Erfassung, Verwaltung und Auswertung mit dem neuen System vereinfacht werden und technisch nicht mehr nur an einen Arbeitsplatz gebunden sein. Vielmehr war eine Eingabe der mit den Fragebögen abgefragten Daten durch die Entnehmer vor Ort anzustreben, um den Erfassungsaufwand sowie Fehlerquellen durch händisches Übertragen der Daten zu minimieren. Die verfügbaren Standardauswertungen waren um flussgebiets-, gewässer- und entnehmerbezogene Auswertungen zu ergänzen, um u. a. Fragestellungen im Zusammenhang mit der Steuerung des Talsperrensystems und der EU-Wasserrahmenrichtlinie beantworten zu können. Die in dem System geführten Informationen, wie z. B. Teileinzugsgebietsnummer, sollten mit Hilfe der geographischen Datenverarbeitung ermittelt werden, um dadurch den Pflegeaufwand zu reduzieren. Systeme, die im fachlichen Kontext zum neuen Programmsystem stehen, waren zu berücksichtigen und zu integrieren. Dazu gehören u. a. Geographische Informationssysteme (GIS) wie das Wasserwirtschaftliche Informationssystem (WWI) mit umfangreichen wasserwirtschaftlichen Daten und der Kartenserver des Liegenschafts-Informationssystems (LIS-IMS). Des Weiteren war ein Datenaustausch bzw. -abgleich mit Systemen zu ermöglichen, die ebenfalls Wasserentnahmedaten mit einer anderen zeitlichen Auflösung verwalten.

## Systementwicklung

Vor dem Hintergrund der o. g. Anforderungen und der beim Ruhrverband verfügbaren EDV-technischen Infrastruktur wurde das neue Programmsystem WALruhr (Water Abstraction and Losses in the Ruhr Catchment Area) entwickelt und realisiert. Die Architektur des Programmsystems WALruhr folgt einem dreischichtigen Aufbau und unterstützt durch die Verwendung von offenen Schnittstellen sowie von Standards eine verteilte Datenverarbeitung und vereinfacht somit den Datenaustausch mit anderen Systemen. Die Schichten der Applikation sind dabei in das Datenmanagement, die Anwendungslogik und die Präsentation aufgeteilt.

Der Kern des neuen Programmsystems WALruhr wird von einer Datenbank sowie einer Webapplikation gebildet, mit der wesentliche Anforderungen des Systems wie z. B. die Erfassung, Verwaltung und eine (räumliche) Auswertung der Daten realisiert

wurden. Die Datenerfassung wird durch die Webapplikation wesentlich vereinfacht, da diese eine Eingabe der Daten von den Wasserentnehmern vor Ort ermöglicht. Damit neben den Entnahmedaten und Stammdaten auch die Lageinformationen der Entnahmestellen von den Entnehmern überprüft und geändert werden können, wurde ein Web-Map-Service (WMS) in die Webapplikation integriert. Mit Hilfe des WMS werden Lageinformationen der Entnahmestellen, die als Geometrieobjekte in der Datenbank abgelegt sind, aus dieser gelesen, mit den entsprechenden Hintergrundkarten vom Kartenserver kombiniert und innerhalb der Webapplikation zur Verfügung gestellt.

Um räumliche Standardauswertungen der Wasserentnahmedaten, wie z. B. eine flussgebietsbezogene Analyse, auch ohne spezielle GIS-Clients zu ermöglichen, werden mit Hilfe der Lagebeschreibung der Entnahmestellen weitere Informationen, wie z. B. die Teileinzugsgebietsnummer, über eine räumliche Verschneidung ermittelt und – falls erforderlich – in der Datenbank abgelegt. Dies erfolgt bei dateibasierten Geometriedaten über einen GIS-Client und bei Geometriedaten, die in räumlichen Datenbanken vorliegen, durch eine räumliche Abfrage über verlinkte Datenbanken (Spatial Database Link).

Neben der vorgestellten Webapplikation besteht die Möglichkeit, das Programmsystem um Desktop-Clients zu erweitern, die der Beantwortung spezieller Fragestellungen dienen. So werden z. B. ein Office-Client zur Serienbriefherstellung und ein GIS-Client zur flexiblen räumlichen Auswertung genutzt.

#### Fazit

Mit dem Programmsystem WALruhr steht ein leistungsfähiges Werkzeug zur Verwaltung und räumlichen Analyse von Wasserentnahmedaten im Einzugsgebiet der Ruhr zur Verfügung, das die o. g. Anforderungen erfüllt und aufgrund der schichtenbasierten Systemarchitektur sowie der Verwendung von offenen Schnittstellen und Standards eine verteilte (geographische) Datenverarbeitung ermöglicht und bei neuen Anforderungen flexibel erweitert werden kann.

---

## Abstract

### Background

From its headquarters in Essen, the Ruhr River Association (Ruhrverband), one of the large water authorities in the German state of North Rhine-Westphalia, operates a reservoir system in the Ruhr River basin, covering 4485 km<sup>2</sup>. This reservoir system encompasses eight reservoirs with a total storage capacity of 464.1 million m<sup>3</sup>. The system was built up in the course of around 50 years; it performs the dual function of low flow augmentation and flood protection. It was only after the Bigge dam was completed in 1965, however, that the reservoir system was able to secure the water supply of the Ruhr district, one of the most densely populated and highly industrialised areas in Europe.

High demands are placed on the system, especially during summer dry periods; during these periods water abstractions and water losses are the main determinants of runoff along the Ruhr River. The term 'water abstraction' refers to the total volume of water taken from springs, from ground and surface water in the Ruhr basin. The term 'water losses' refers to the volume of water that is lost to the Ruhr River basin as a result of being exported to adjacent watersheds and losses within the catchment area e. g. due to evaporation. At present about 550 million m<sup>3</sup> of water are taken from the river system each year; approximately 50 % of this amount is exported. So that a sufficient water supply can be ensured even during low-water periods, the system makes use of data on water abstractions and water losses as well as meteorological and hydrological parameters during the decision-making process for reservoir control.

Since 1959 the Association has been collecting information on water abstractions and water losses in the Ruhr Basin as well as on water users, water abstraction points and water utilization by means of an annual questionnaire. Since 1986 these data have been recorded, managed and analysed with the aid of the DOS-based program system ENNE (Entnehmer = water users). Since the ENNE program system was no longer able to satisfy the changing requirements for such a program from either a technical or content-related point of view, a new program had to be developed and put into service.

### Program requirements

The new program system had to include functions such as managing master data and processing water abstraction data; in addition, it had to provide standard analysis

schemes of the sort made available by the ENNE system in the past. In the new (and more advanced) information system, the entry, management, and analysis of data have been simplified and are no longer technically limited to one workstation. The idea behind the new program was to have the data formerly collected via the questionnaires directly entered by local water abstractors to minimize expenditures for data acquisition and, at the same time, minimize the errors inevitably caused by manual data input. The previously available standard analyses were to be supplemented by other analyses, e.g. analyses aimed at answering questions related to river basins, bodies of water, and water users, so that the Association would be able to answer questions arising in connection with the control of the reservoir system and the EU Water Framework Directive. The data managed by the system, e.g. the number of the subwatershed, are to be determined with the aid of geographic data processing, the idea being to reduce expenditures for data updating. It is also aimed to integrate other systems relevant to water resource management. These include the Geographic Information System (GIS) and the Water Management Information System (WWI) together with extensive water management data and the map server of the Real Estate Information System (LIS-IMS). Furthermore, there will be data exchange and data comparison between the new systems and other systems that manage water abstraction data but have a different time-related resolution.

#### System development

Against the background of the above-described requirements and the technical EDP infrastructure available at the Ruhr River Association, the new program system WALruhr (Water Abstraction and Losses in the Ruhr Catchment Area) was developed and put into service. The WALruhr program system has a three-tiered structure; owing to the use of open interfaces and standards, it permits distributed data processing and thus simplifies data exchange with other systems. The various layers of the application are divided into the sectors of data management, application logic, and presentation.

At the heart of the new WALruhr program system are a database and a web application by means of which major functions of the system, e.g. data acquisition, data management and spatial analysis are to be realized. The web application greatly simplifies data acquisition by permitting direct input of data by water users. To enable water users to check and change the positional information for the water abstraction points, in addition to the water abstraction data and master data, a Web-Map-Service (WMS) has been integrated into the web application. With the aid of the WMS, positional information on

the abstraction points, which have been stored in the database as geometric objects, is combined with the corresponding background maps supplied by the map server and made available within the web application.

To permit the performance of spatial standard analyses on the water abstraction data (such as river-basin-based analysis) even without special GIS clients, additional information (e.g. the subwatershed number) on the individual abstraction points was acquired, with the aid of the positional descriptions for the abstraction points, by means of a spatial intersection and (when required) stored in the database. In the case of file-based geometric data, this is carried out via a GIS client and, in the case of geometric data available in spatial databases, via a spatial query to linked data bases (Spatial Database Link).

In addition to the web application presented, the program system can be expanded via desktop clients with the capability to answer special water management questions. For example, an office client offers a mail merge function and a GIS client options for flexible spatial analysis.

### Summary

The WALruhr program system is an efficient instrument for the management and spatial analysis of water abstraction data in the Ruhr river basin meeting the requirements described above. Owing to its tiered system architecture and the use of open interfaces and standards, WALruhr permits distributed (geographic) data processing. Moreover, it is a flexible system that can be expanded and altered to meet changing requirements.

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>III</b>
<b>Erklärung der eigenständigen Abfassung</b> .....	<b>IV</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XV</b>
<b>Quellcodeverzeichnis</b> .....	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Wasserwirtschaftliche Situation</b> .....	<b>4</b>
2.1 Die Industrialisierung des Ruhrgebietes und dessen Wasserversorgung .....	4
2.2 Bewirtschaftung des Talsperrensystems im Einzugsgebiet der Ruhr.....	6
2.3 Entnahme von Wasser zur Trinkwassergewinnung und als Brauchwasser .....	7
<b>3 Umfeldanalyse</b> .....	<b>10</b>
3.1 Erfassung und Weiterverarbeitung von Wasserentnahmedaten .....	10
3.1.1 Verarbeitung der täglich erfassten Wasserentnahmedaten .....	10
3.1.2 Verarbeitung der jährlich erfassten Wasserentnahmedaten .....	11
3.2 Programmsysteme im fachlichen Kontext.....	13
3.3 Hard- und softwaretechnische Infrastruktur .....	16
<b>4 Systemanforderungen</b> .....	<b>18</b>
4.1 Defizite des Programmsystems ENNE .....	18
4.2 Anforderungen an das neue Programmsystem .....	19
<b>5 Systementwurf</b> .....	<b>22</b>
5.1 Schichtenmodelle und Schnittstellen .....	22
5.1.1 Soft- und hardwaretechnische Schichtenmodelle .....	22
5.1.2 Schichtenmodell der Spatial Database Engine .....	24
5.1.3 Schnittstellen .....	27
5.2 Konzept des Programmsystems WALruhr.....	28
5.2.1 Systeminterner Datenfluss .....	28
5.2.2 Systemintegration .....	30
5.3 Architektur des Programmsystems WALruhr.....	31
5.3.1 Soft- und hardwaretechnisches Schichtenmodell des Systems .....	32
5.3.2 Softwarekomponenten und Programmierung .....	33
5.3.3 Schnittstellen und Standards.....	35
5.3.4 Technische Systemintegration .....	37

---

<b>6</b>	<b>Datenmanagement</b> .....	<b>39</b>
6.1	Konzept.....	39
6.2	Technologische Grundlagen.....	41
6.2.1	Datenbanken .....	41
6.2.2	Räumliche Datenbanken .....	41
6.2.3	Oracle Locator/Spatial und Esri Spatial Database Engine.....	43
6.3	Datenbankentwurf .....	45
6.3.1	Vorgehensweise .....	45
6.3.2	Datenmodell .....	46
6.4	Implementierung .....	51
6.4.1	Realisierung der Datenbank WALruhr.....	52
6.4.2	Datenübernahme.....	54
6.4.3	Systemintegration über Spatial Database-Link .....	55
<b>7</b>	<b>Anwendungslogik</b> .....	<b>57</b>
7.1	Konzept.....	57
7.2	Technologische Grundlagen.....	58
7.2.1	PHP und PEAR-DB .....	59
7.2.2	Web-Map-Service auf Basis des UMN-MapServers und PHP-MapScripts .....	60
7.3	Programmierung .....	62
7.3.1	Avenue-Programmierung zur Systemintegration .....	63
7.3.2	PHP-Programmierung zum Datenbankzugriff und zur Datenvalidierung.....	63
7.4	Realisierung des WALruhr Map-Service.....	64
<b>8</b>	<b>Präsentation</b> .....	<b>66</b>
8.1	Konzept.....	66
8.2	Technologische Grundlagen.....	67
8.2.1	Desktop-GIS .....	68
8.2.2	PEAR 'AUTH' und 'ITX'.....	68
8.2.3	Sessions .....	69
8.3	Realisierung der Desktop-Clients .....	71
8.4	Realisierung des WALruhr WebClient .....	71
8.4.1	Graphische Benutzeroberfläche.....	71
8.4.2	Funktionsumfang .....	72
8.4.3	Technische Umsetzung .....	75
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>78</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>81</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>85</b>

<b>Anhang .....</b>	<b>88</b>
<b>Anhang A: Abbildungen.....</b>	<b>89</b>
A1: Fragebögen zur Entnehmerbefragung .....	89
A2: Screenshots des Programmsystems WALruhr .....	91
<b>Anhang B: Quellcode Ausschnitte .....</b>	<b>93</b>
B1: SQL-Anweisungen und Trigger.....	93
B2: Avenue-Programm-Code.....	95
B3: PHP-Programm-Code .....	97
B4: Konfiguration des UMN-MapServer über die Map-Datei .....	101
<b>Anhang C: Vergrößerte Darstellung von Abbildungen .....</b>	<b>104</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Talsperrensystem im Einzugsgebiet der Ruhr und Wasserexport.....	1
Abb. 2.1:	Trockengefallene Ruhr bei Kettwig an der unteren Ruhr im Jahre 1911 ..	5
Abb. 2.2:	Wassergewinnung im Ruhrtal in Essen-Steele .....	7
Abb. 2.3:	Jahreswerte der Gesamtentnahme und -entziehung von 1900 bis 2002..	9
Abb. 3.1:	Screenshots des Programmsystems ENNE.....	12
Abb. 3.2:	Programmsysteme im Umfeld des Programms ENNE .....	14
Abb. 5.1:	Drei-Schichten-Modell .....	23
Abb. 5.2:	Softwaretechnisches Schichtenmodell der SDE .....	24
Abb. 5.3:	Zwei- und Drei-Schichten-Hardware-Architektur der SDE.....	26
Abb. 5.4:	Entwicklung der GIS-Architekturen in Richtung offener Systeme.....	27
Abb. 5.5:	Architektur des Programmsystems WALruhr .....	31
Abb. 5.6:	Architektur der 'Open Database Connectivity' (ODBC) .....	36
Abb. 6.1:	Aufbau eines Datenbanksystems.....	41
Abb. 6.2:	Klassenhierarchie der Geometrie-Objekte .....	43
Abb. 6.3:	Klassisches und modifiziertes Phasenmodell der Softwareentwicklung ..	46
Abb. 6.4:	Entity Relationship Diagramm des Programmsystems WALruhr.....	47
Abb. 6.5:	Prinzip eines räumlichen Datenbank-Links (Spatial Database-Link) .....	56
Abb. 7.1:	Systemintegration über den GIS-Client WALruhr.....	58
Abb. 7.2:	Architektur des PHP: Hypertext Preprocessor .....	59
Abb. 7.3:	Architektur der MapScript Extension.....	62
Abb. 7.4:	Datenfluss bei der Kartenerzeugung mit PHP und MapScript.....	65
Abb. 8.1:	Funktionsweise eines Template-Systems .....	69
Abb. 8.2:	Prinzip einer sessionbasierten Anwendung .....	70
Abb. 8.3:	Graphische Benutzeroberfläche der Webapplikation WALruhr .....	72
Abb. 8.4:	Datenauswertung über die Webapplikation WALruhr.....	73
Abb. 8.5:	Stammdatenanzeige der Webapplikation WALruhr.....	74
Abb. 8.6:	Ablaufschema eines Programmaufrufes .....	77
Abb. A1.1:	Fragebogen zur Entnehmerbefragung mit ENNE.....	89
Abb. A1.2:	Fragebogen zur Entnehmerbefragung mit WALruhr.....	90
Abb. A2.1:	Screenshot WALruhr Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren .....	91
Abb. A2.2:	Screenshot WALruhr Editieren der Lage einer Entnahmestelle .....	91
Abb. A2.3:	Screenshot WALruhr Datenerfassung .....	92
Abb. C1.1:	Vergrößerte Darstellung der Abb. 5.5 .....	104
Abb. C1.2:	Vergrößerte Darstellung der Abb. 6.4 .....	105

---

**Tabellenverzeichnis**

Tab. 2.1:	Entnahme und Entziehung im Wasserwirtschaftsjahr 2002.....	8
Tab. 6.1:	Beispieldatensatz einer Feldbeschreibung.....	51

**Quellcodeverzeichnis**

Code B1.1:	Trigger – Ermittlung des Wasserwirtschaftsjahres.....	93
Code B1.2:	Trigger – Umrechnung der eingegebenen Koordinaten.....	93
Code B1.3:	SQL – Entnahmen pro Wasserwirtschaftsjahr.....	94
Code B2.1:	Avenue – Herstellung der Datenbankverbindung WAL.....	95
Code B2.2:	Avenue – Datenverschneidung und Speicherung.....	96
Code B3.1:	PHP – Herstellen der Datenbankverbindung.....	97
Code B3.2:	PHP – Funktionen zum Datenbankzugriff.....	97
Code B3.3:	PHP – Funktion zur zusätzlichen Datensicherung.....	98
Code B3.4:	PHP – Funktionen zur Datenvalidierung.....	98
Code B3.5:	PHP – Funktionen zur Anzeige des Seitenkopfes.....	98
Code B3.6:	PHP – Funktionen zur Tabellengenerierung.....	99
Code B3.7:	PHP – Integration von HTML-Templates.....	100
Code B4.1:	Map-Datei – Definition der Metadaten.....	101
Code B4.2:	Map-Datei – Definition der Layer WMS-LIS und Oracle Spatial.....	102
Code B4.3:	MapServer – GetCapabilities Request.....	103

# 1 Einleitung

Zur Sicherung der Wasserversorgung im Ruhrgebiet, eine der dichtbesiedeltesten Industrieregionen Europas mit über 5 Mio. Einwohnern, betreibt der Ruhrverband als einer der großen Wasserverbände in Nordrhein-Westfalen u. a. ein Talsperrensystem im Einzugsgebiet der Ruhr. Besonders in Niedrigwasserzeiten wird der Abfluss in der Ruhr maßgeblich von den Wasserentnahmen der Wasserwerke entlang der Ruhr beeinflusst (siehe Abb. 1.1). Damit auch in Niedrigwasserzeiten eine Mindestwasserführung gewährleistet werden kann, gehen neben meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen auch Daten über die Wasserentnahmen und -entziehungen mit in den Entscheidungsprozess zur Talsperrensteuerung ein (vgl. MORGENSCHWEIS 2001).

Bei der 'Wasserentnahme' handelt es sich um die Gesamtmenge des aus Quellen, Grund- und Oberflächenwasser geförderten Wassers im Einzugsgebiet der Ruhr. Unter 'Entziehung' wird der Teil der Entnahme verstanden, der dem Einzugsgebiet der Ruhr durch Export in benachbarte Einzugsgebiete und durch Verluste innerhalb des Einzugsgebietes (z. B. Verdunstung) verloren geht. Derzeit werden pro Jahr rund 550 Mio. m<sup>3</sup> Wasser aus dem Flusssystem entnommen und ca. 50 % davon exportiert (vgl. RUHRVERBAND 2003). Ursache für den hohen Anteil des Wasserexportes ist u. a. die räumliche Verteilung der Siedlungsflächen mit hoher Bevölkerungsdichte, die größtenteils außerhalb des Einzugsgebietes liegen (siehe Abb. 1.1).

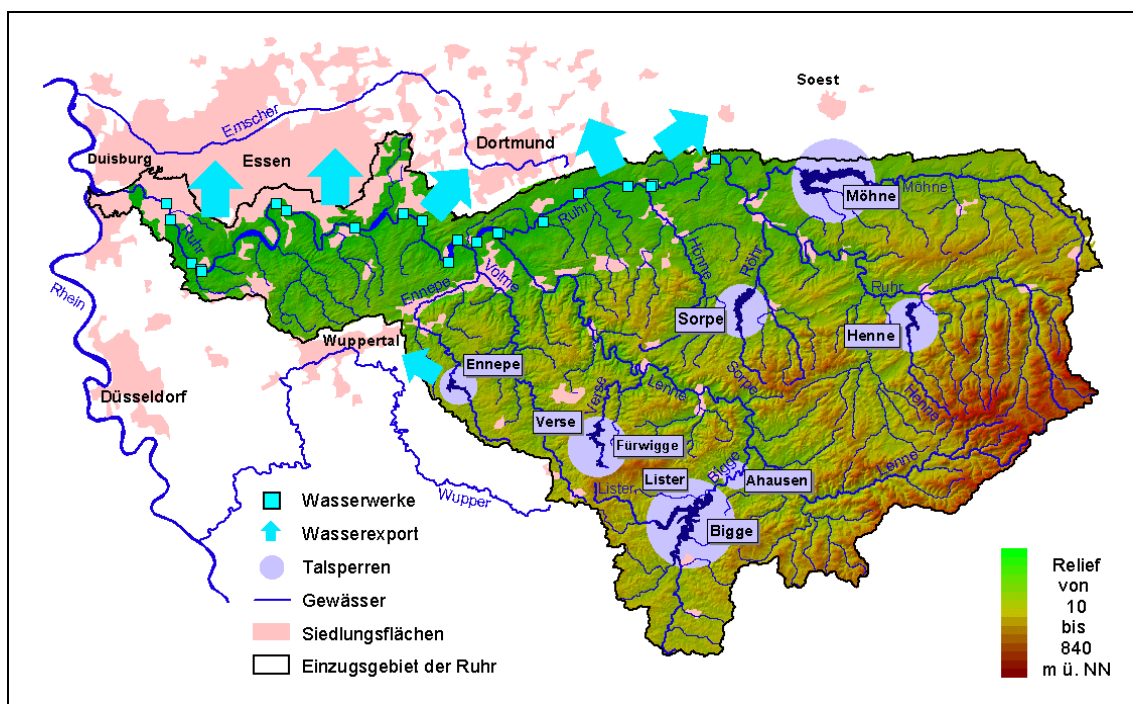


Abb. 1.1: Talsperrensystem im Einzugsgebiet der Ruhr und Wasserexport

Seit 1959 werden Informationen über die Wasserentnahmen und -entziehungen im Einzugsgebiet der Ruhr sowie über die Entnehmer, deren Entnahmestellen und die Verwendung des geförderten Wassers aus jährlich durchgeführten Fragebogenaktionen gewonnen. Diese Daten werden seit 1986 mit dem DOS-basierten Programmsystem ENNE (Entnehmer) erfasst, verwaltet und ausgewertet. Das Programmsystem wird der wachsenden Zahl von räumlichen Auswertungen, wie sie z. B. zur Beantwortung von Fragestellungen im Zusammenhang mit der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie benötigt werden, nicht mehr gerecht.

Mit der vorliegenden Master Thesis wird ein Informationssystem zur Erfassung, Verwaltung und räumlichen Analyse von Wasserentnahmedaten im Einzugsgebiet der Ruhr entwickelt. Innerhalb der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands in Essen soll damit das DOS-basierte Programmsystem ENNE abgelöst werden.

Grundlage des neuen Informationssystems ist die in der Master Thesis beschriebene Systementwicklung, die aufgrund der geforderten räumlichen Datenanalyse im Bereich der Geoinformatik und dort in der Applikationsentwicklung einzuordnen ist.

Dabei erfolgt im 'zweiten Kapitel' die Einbettung der Systementwicklung in das fachliche Umfeld der Wasserwirtschaft. Neben der historischen Entwicklung der Wasserversorgung des Ruhrgebietes werden die Bewirtschaftung des Talsperrensystems, deren Einflussfaktoren sowie die Wasserentnahmen im Einzugsgebiet der Ruhr erläutert.

Innerhalb des 'dritten Kapitels' werden mit Hilfe einer Umfeldanalyse die Rahmenbedingungen der Systementwicklung ermittelt. Neben den verschiedenen Erfassungsarten von Wasserentnahmedaten werden die dazu eingesetzten Programmsysteme und deren Zielsetzung beschrieben. Programme, die im fachlichen Zusammenhang mit der Systementwicklung stehen oder stehen können sowie deren Anknüpfungspunkte werden vorgestellt und die soft- und hardwaretechnische Infrastruktur aufgezeigt.

Im 'vierten Kapitel' werden nach einer Betrachtung der Defizite des bisherigen Programmsystems ENNE die Anforderungen an das neue System festgelegt. Maßgabe hierbei ist, die derzeitigen Funktionen zu übernehmen, die Defizite aufzuheben und die bestehenden Ansprüche aus der Praxis umzusetzen. Mit der Definition der Systemanforderungen wird die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit konkretisiert.

Im 'fünften Kapitel' wird nach der Vorstellung verschiedener Schichtenmodelle die Bedeutung von offenen Schnittstellen und Standards im Zusammenhang mit einer Systementwicklung erläutert. Auf dieser Grundlage erfolgt die Erstellung des Konzeptes und darauf aufbauend die Entwicklung der Systemarchitektur. Detailliert betrachtet werden das soft- und hardwaretechnische Schichtenmodell, die verwendeten Softwarekomponenten, der Programmieranteil, die Schnittstellenlösungen, verwendete Standards und die technische Integration bestehender Systeme.

In den 'Kapiteln sechs bis acht' werden die drei Schichten 'Datenmanagement', 'Anwendungslogik' und 'Präsentation' der neuen Applikation erörtert. Es werden jeweils die Detailkonzepte der einzelnen Schichten vorgestellt, technologische Grundlagen dargelegt, Entwürfe skizziert und die Realisierung dokumentiert.

Im Rahmen einer Zusammenfassung werden im 'neunten Kapitel' die neue Applikation kritisch betrachtet, daraus resultierende neue Anforderungen formuliert und Erfahrungen, die bei der Entwicklung gewonnenen wurden, dokumentiert. Die Master Thesis schließt mit der Diskussion über Entwicklungsmöglichkeiten des Programmsystems.

---

## **2 Wasserwirtschaftliche Situation**

### **2.1 Die Industrialisierung des Ruhrgebietes und dessen Wasserversorgung**

Die industrielle Entwicklung des Ruhrgebietes ist vor allem auf den Abbau von Steinkohle in dieser Region zurückzuführen. Steinkohle wurde aufgrund der geologischen Situation im Ruhrgebiet vom Ruhrtal ausgehend Richtung Norden abgebaut. Der Wanderung des Kohleabbaus folgend entwickelte sich auch die Schwerindustrie im Ruhrgebiet, die sich bis in die Einzugsgebiete von Emscher und Lippe erstreckt (vgl. MORGENSCHWEIS 2000).

Da die Emscher schon vor der Industrialisierung ein zu geringes Gefälle aufwies, und der Fluss sowie seine Nebengewässer zunehmend mit Industrie- und Kommunalabwässern belastet wurde, und gleichzeitig die vorhandenen Brunnen durch den Bergbaueinfluss versiegten, musste das benötigte Wasser außerhalb der von der Industrialisierung betroffenen Einzugsgebiete beschafft werden. Als Wasserlieferant schien die Ruhr besonders geeignet zu sein, da vom Ruhrtal bis in das Emschergebiet nur relativ kurze Rohrleitungen benötigt wurden, die geringe Pumphöhen zu überwinden hatten. Nach dem Bau des ersten Wasserwerkes der Stadt Essen im Jahre 1865 wurden weitere Werke entlang der Ruhr gebaut (siehe Abb. 1.1). Aufgrund des steigenden Wasserbedarfs kam es in Trockenzeiten soweit, dass im Unterlauf der Ruhr ab Kettwig bzw. Mülheim zeitweise kein oder nur geringfügig Wasser vorhanden war (siehe Abb. 2.1). Dort vorhandene Entnahmen und Triebwerke mussten ihren Betrieb einstellen (vgl. RENZ und MANIAK 1985).

Die Ruhr war und ist als kleiner Mittelgebirgsfluss mit einer Länge von 217 km und einem langjährigen mittleren Abfluss von nur 80 m<sup>3</sup>/s, der zudem jahreszeitlich sehr stark variiert (rd. 70 % im Winter und rd. 30 % im Sommer), als Wasserlieferant für den Ballungsraum Ruhrgebiet von Natur aus eigentlich ungeeignet. Das Defizit aus Wasserdargebot und Wasserentnahme sollte durch den Bau eines Talsperrensystems im Oberlauf der Ruhr und ihrer Nebenflüsse behoben werden. Vor diesem Hintergrund wurde 1899 der Ruhrtalsperrenverein gegründet und durch ein preußisches Sondergesetz 1913 zu einer Körperschaft öffentlichen Rechts umgewandelt (vgl. RISSLER 2000).

Das Ruhrtalsperrenengesetz von 1913 (RTG) verpflichtete den damaligen Ruhrtalsperrenverein, lediglich das von den Wasserwerken aus der Ruhr entnommene und durch Export in benachbarte Einzugsgebiete dem Ruhreinzugsgebiet entzogene

Wasser (die sog. schädliche Entziehung) mit Hilfe von Zuschusswasser aus den Talsperren zu ersetzen. Dies verhinderte nicht, dass in abflussarmen Zeiten die Wasserführung der Ruhr unter einen für die Wassermengen- und Wassergütwirtschaft kritischen Mindestabfluss sinken konnte. Seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts galt es daher – sofern es die Talsperren zuließen –, einen Mindestabfluss in der Ruhr jederzeit zu gewährleisten und nachteilige Auswirkungen auf die Fließökologie der Ruhr sowie kritische Aufbereitungsprobleme für die Wasserwerke zu vermeiden (vgl. BODE und MORGENSCHWEIS 2001).

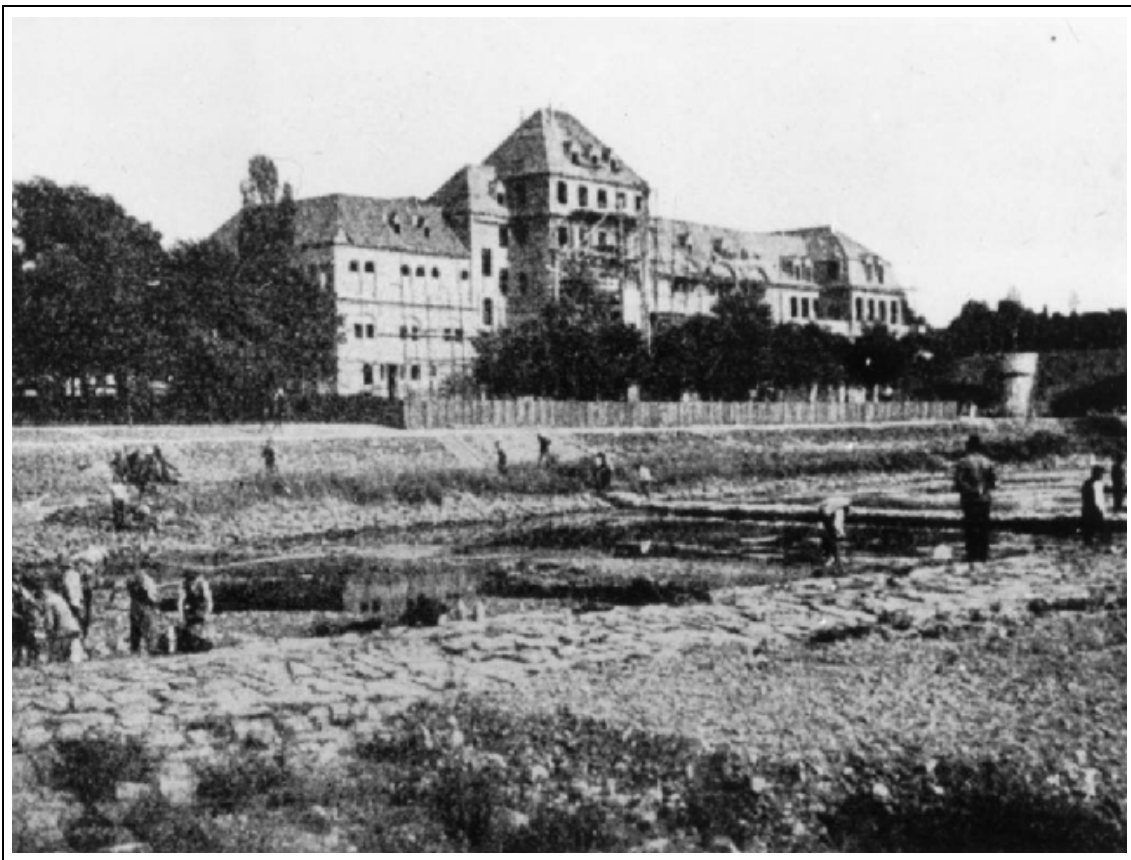


Abb. 2.1: Trockengefallene Ruhr bei Kettwig an der unteren Ruhr im Jahre 1911  
(Quelle: RUHRVERBAND und RUHRTALSPERRENVEREIN 1988)

In das Gesetzgebungsverfahren zur Novellierung des Ruhrverbandsgesetzes (vgl. RuhrVG 1990) gingen diese Erfahrungen mit ein und bilden seit 1990 die gesetzliche Grundlage für die Bewirtschaftung des Talsperrensystems im Einzugsgebiet der Ruhr. Danach ist der heutige Ruhrverband (seit 1990 aus dem Ruhrtalsperrenverein und dem "alten" Ruhrverband zusammengeführt) verpflichtet, an bestimmten Kontrollquerschnitten jederzeit einen vorgegebenen Mindestabfluss einzuhalten. So ist der Abfluss der Ruhr "so zu regeln, dass das tägliche arithmetische Mittel aus fünf aufeinander folgenden Tageswerten des Abflusses an jedem Querschnitt der Ruhr unterhalb

des Pegels Hattingen einen Wert von 15 m<sup>3</sup>/s und am Pegel Villigst einen Wert von 8,4 m<sup>3</sup>/s nicht unterschreitet. Der niedrigste Tageswert des Abflusses soll unterhalb des Pegels Hattingen 13 m<sup>3</sup>/s und am Pegel Villigst 7,5 m<sup>3</sup>/s nicht unterschreiten." (RuhrVG 1990)

## **2.2 Bewirtschaftung des Talsperrensystems im Einzugsgebiet der Ruhr**

Zur Erfüllung der o. g. gesetzlichen Bestimmungen und zum Hochwasserschutz betreibt der Ruhrverband im 4485 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet der Ruhr ein einheitlich bewirtschaftetes Talsperrensystem bestehend aus acht Talsperren mit einem Gesamtstauinhalt von 464,1 Mio. m<sup>3</sup> (siehe Abb. 1.1). Das Talsperrensystem entstand im Laufe von rd. 50 Jahren und war erst mit der Fertigstellung der Biggetalsperre im Jahre 1965 in der Lage, den Wasserbedarf der Wasserwerke jederzeit und in vollem Umfang zu decken (vgl. ZUR STRASSEN und MORGENSCHWEIS 2002).

Besonders während sommerlicher Trockenperioden ist die Beanspruchung des Systems hoch; in diesen Niedrigwasserzeiten wird der Abfluss maßgeblich von den Wasserentnahmen und -entziehungen der Wasserwerke entlang der Ruhr beeinflusst. Da die Reaktionszeit des Flusses auf Abgabenänderungen aus den Talsperren dabei drei bis fünf Tage betragen kann, muss das Talsperrensystem unter Berücksichtigung dieses Zeitraums vorausschauend gesteuert werden.

Zur Vorhersage der Wasserentnahmen und -entziehungen wurde das auf Fuzzy-Logic-Regeln basierende Vorhersagemodell EZVOR (Entziehungs-Vorhersagemodell) entwickelt (siehe Kap. 3.1.1). Mit diesem Modell kann auf der Basis der täglich gemeldeten Entnahmemengen des Vortags der großen Wasserwerke entlang der Ruhr und der Temperaturvorhersagen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) die Entziehung an entsprechenden Kontrollquerschnitten für ein bis fünf Tage unter Angabe eines 95 % - Signifikanzbereichs vorhergesagt werden (vgl. MORGENSCHWEIS 1995).

Das Entziehungs-Vorhersagemodell ist Bestandteil eines sog. 'genesteten' Modellsystems, in dessen Kern das Echtzeit-Bewirtschaftungsmodell RRM (Real-Time River Management System) steht, das die optimierte Steuerung des komplexen wasserwirtschaftlichen Systems für den Niedrig- und Mittelwasserbereich im gesamten Einzugsgebiet der Ruhr ermöglicht. Es liefert unter Berücksichtigung der Belastung des Systems (EZVOR), der Zuflüsse in die Speicher, der von Talsperren unbeeinflussten Abflüsse und weiteren hydrologischen sowie meteorologischen Kenngrößen auf der

Basis von Tagesmittelwerten Vorhersagen für die kommenden fünf Tage über den Abflussprozess und die Systemzustände im Einzugsgebiet (vgl. MORGENSCHWEIS 2001).

### 2.3 Entnahme von Wasser zur Trinkwassergewinnung und als Brauchwasser

Im Einzugsgebiet der Ruhr wird zurzeit von etwa 190 Wasserentnehmern mit insgesamt ca. 350 Entnahmestellen Wasser entnommen. Die Wasserentnehmer werden dabei gruppiert nach Wasserversorgungsunternehmen, Industrie und Kommunen (vgl. RUHRVERBAND 2003). Die Entnahmestellen sind im gesamten Einzugsgebiet verteilt, wobei die Wasserwerke zur Versorgung des Ruhrgebietes an der mittleren und unteren Ruhr zu finden sind (siehe Abb. 1.1). Das Ruhrtal ist in diesem Bereich verhältnismäßig breit und bietet die Möglichkeit der Anreicherung von Grundwasser über Versickerungsbecken. Diese werden durch mechanisch vorgereinigtes Oberflächenwasser gespeist, das über eine Sandschicht und eine anschließende Bodenpassage in den Untergrund infiltriert. Das zur Wasserversorgung der Ballungsgebiete gewonnene Bodenfiltrat besteht somit aus angereichertem Grundwasser, Uferfiltrat und geringen Mengen natürlichen Grundwassers (siehe Abb. 2.2).



Abb. 2.2: Wassergewinnung im Ruhrtal in Essen-Steele  
(Quelle: RUHRVERBAND und RUHRTALSPERRENVEREIN 1998)

Über diese als 'Mittelbare Entnahme von Grund-, Quell- und Oberflächenwasser' bezeichnete Wasserentnahme wird die größte Menge an Wasser aus dem Flusssystem entnommen. Neben der 'Mittelbaren Entnahme' wird zudem zwischen der 'Entnahme von Oberflächenwasser' und der 'Entnahme aus Grundwasser oder Quellen' unterschieden. Oberflächenwasser wird dabei unmittelbar aus Vorflutern oder

Stauhaltungen entnommen, Quellwasser ist frei aus dem Untergrund hervorquellendes Wasser, und Grundwasser ist unterirdisches Wasser, das über Sickergalerien und Brunnen entnommen wird.

Die Wasserentnahmen werden nicht nur nach der Art der Entnahme, sondern auch nach der Verwendung des entnommenen Wassers differenziert und in entsprechende Entnahmeklassen unterteilt (siehe Tab. 2.1). Die Entnahme und die Entziehung sowie deren prozentuale Aufteilung für das Wasserwirtschaftsjahr 2002 (November 2001 bis Oktober 2002) können ebenfalls aus der Tabelle 2.1 entnommen werden. Die Spalte 'Entziehung zu Entnahme' zeigt das Verhältnis der Entziehung zur Entnahme in den einzelnen Entnahmeklassen.

Entnahmeklasse	Entnahme 2002		Entziehung zu Entnahme	Entziehung 2002	
	Mio. m³/a	%		%	Mio. m³/a
<b>A</b> Entziehung aus dem Ruhreinzugsgebiet	203,7	39,2	100	203,7	82,0
<b>B</b> Entnahme für die öffentliche Wasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet	135,6	26,1	30	40,7	16,4
<b>C1</b> Industrielle Wasserentnahme im Ruhreinzugsgebiet	24,4	4,7	10	2,4	1,0
<b>C2</b> Kühlwasserentnahme im Ruhreinzugsgebiet	155,3	29,9	1	1,6	0,6
<b>Gesamt</b>	519,1	100,0		248,4	100,0
<b>Entziehung in % der Entnahme</b>				47,9	

Tab. 2.1: Entnahme und Entziehung im Wasserwirtschaftsjahr 2002  
(Quelle: modifiziert nach RUHRVERBAND 2003)

Die zeitliche Entwicklung von Entnahme und Entziehung (Export) aus dem Ruhreinzugsgebiet von 1900 bis 2002 wird anhand von Jahreswerten in Abb. 2.3 dargestellt. Die Ganglinie zeigt deutlich die Entwicklung des Wasserbedarfs, der eng mit der wirtschaftlichen Entwicklung im Versorgungsgebiet korreliert. Seit Mitte der 70er Jahre ist ein fallender Trend des Wasserbedarfs zu erkennen, der nur von einzelnen klimatischen Trockenjahren unterbrochen wird (vgl. MORGENSCHWEIS 2000).

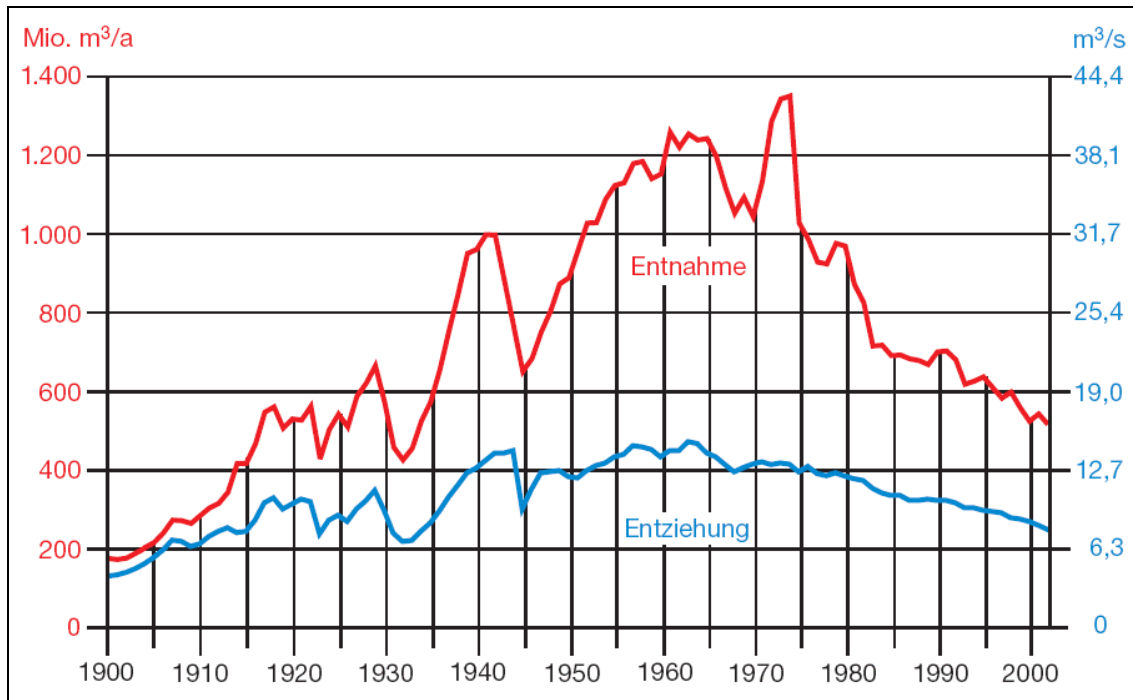


Abb. 2.3: Jahreswerte der Gesamtentnahme und -entziehung von 1900 bis 2002  
(Quelle: RUHRVERBAND 2003)

Die oben angeführten Informationen zu den Wasserentnahmen werden zurzeit mit dem Programmsystem ENNE (siehe Kap. 3.1.2) erfasst, verwaltet und analysiert. Unter anderem liefert dieses System auch modelltechnische Parameter für das Entziehungsvorhersagemodell EZVOR.

---

### **3 Umfeldanalyse**

#### **3.1 Erfassung und Weiterverarbeitung von Wasserentnahmedaten**

Innerhalb der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands werden Wasserentnahmedaten für die täglichen Entziehungsvorhersagen und die Jahresauswertungen der Wasserentnahme und -entziehung auf unterschiedliche Art und Weise sowie in verschiedenen zeitlichen Auflösungen erfasst. Im Folgenden werden diese Vorgänge und deren EDV-technische Verarbeitung beschrieben.

##### **3.1.1 Verarbeitung der täglich erfassten Wasserentnahmedaten**

Von den zwölf größten Wasserwerken entlang der Ruhr werden werktäglich über unterschiedliche Kommunikationswege die täglich gemessenen Entnahmemengen des Vortags bzw. der Vortage gemeldet. Diese fließen als Eingangsdaten neben der vorhergesagten maximalen Lufttemperatur für den Vorhersagezeitraum sowie den Informationen zum Wochentag (Zuordnung der Samstage, Sonn- und Feiertage) in das Entziehungs-Vorhersagemodell (EZVOR) ein. Mit Hilfe des Vorhersagemodells wird – basierend auf Fuzzy-Logic-Regeln – täglich die Entwicklung der Entziehung an den Kontrollquerschnitten 'Villigst' (im Bereich der mittleren Ruhr) und 'Mündung' (Ruhrmündung in den Rhein) für ein bis fünf Tage unter Angabe eines 95 % -Signifikanzbereichs vorhergesagt.

Das Programmsystem EZVOR wurde 1991 in der algorithmisch orientierten wissenschaftlichen Programmiersprache FORTRAN 77 (FORmula TRANslation 1977) entwickelt. Über Eingabemasken auf der 'DOS-Ebene' werden neben den o. g. Daten zusätzlich noch ein monatlicher Aufteilungsfaktor (AF) und ein monatlicher Hochrechnungsfaktor (HF) jeweils für die Kontrollquerschnitte 'Villigst' und 'Mündung' erfasst. Diese Daten werden in einer Zeile pro Tag in einer als 'Eingabedatei' bezeichneten Textdatei abgespeichert. Die vom Modell berechneten Vorhersagen werden über eine Maske visualisiert und in einer sog. 'Ausgabedatei' im Textformat gespeichert (vgl. INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT DER UNIVERSITÄT KARLSRUHE 1994).

Der monatliche Aufteilungsfaktor und der monatliche Hochrechnungsfaktor ändern sich monatsweise und werden jährlich über das Programmsystem TAENT (Taegliche Entnahmen) mit Hilfe der Daten aus den Systemen ENNE und EZVOR bestimmt (siehe Kap. 3.2). Der monatliche Aufteilungsfaktor ist der Quotient aus der mittleren monatlichen Entziehung und der mittleren monatlichen Entnahme der ausgewählten

Wasserwerke des Vorjahres. Daneben ist der monatliche Hochrechnungsfaktor der Quotient aus der mittleren monatlichen Entziehung aller Entnehmer und der mittleren monatlichen Entziehung der ausgewählten Wasserwerke des Vorjahres.

### **3.1.2 Verarbeitung der jährlich erfassten Wasserentnahmedaten**

Seit dem Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) 1960 (November 1959 bis Oktober 1960) wird von der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands jährlich eine Fragebogenaktion durchgeführt. Innerhalb einer solchen Fragebogenaktion wird an alle Wasserentnehmer im Einzugsgebiet der Ruhr jeweils ein Fragebogen (siehe Anhang A1, Abb. A1.1) pro Entnahmestelle versandt. Mit diesen Fragebögen werden zu den einzelnen Entnahmearten (siehe Kap. 2.3) die monatlichen Entnahmemengen des zurückliegenden Wasserwirtschaftsjahres in den entsprechenden Entnahmeklassen (A, B, C1 und C2) erfasst (siehe Tab. 2.1). Des Weiteren werden die maximale Entnahme pro Tag und pro Sekunde, die Art der Ermittlung (gemessen, rechnerisch ermittelt oder geschätzt) und bei einer Entnahme von Kühlwasser deren Verwendung (Frischwasserkühlung, offener Kühlturbetrieb oder geschlossener Kühlkreislauf) abgefragt. Die Erfassung neuer Entnehmer erfolgt im Rahmen von Stellungnahmen des Ruhrverbands zu Wasserrechtsanträgen der Entnehmer an die entsprechende Genehmigungsbehörde. Die so erhobenen Daten werden seit dem Wasserwirtschaftsjahr 1986 mit dem Programmsystem ENNE verwaltet und ausgewertet. Da es sich hierbei um das Programmsystem handelt, das mit der vorliegenden Systementwicklung abgelöst werden soll, werden im Folgenden zentrale Programmdetails beschrieben.

Das Programmsystem ENNE wurde innerhalb der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands in den Programmiersprachen QuickBASIC 4.0 und Turbo Pascal 6.0 entwickelt. Eingabemasken auf der 'DOS-Ebene' ermöglichen eine Stammdatenverwaltung der Entnehmer, eine Erfassung und Verwaltung der mit den Fragebögen erhobenen Daten und die Steuerung von bereitgestellten Standardauswertungen (siehe Abb. 3.1 oben und Mitte). Die Ausgabe der Auswertungen erfolgt in der Regel auf einem DIN A3-Nadeldrucker mit Endlospapier und in wenigen Ausnahmen auch auf dem Bildschirm (siehe Abb. 3.1 unten).

Die Datenhaltung innerhalb des Programmsystems erfolgt ausschließlich dateibasiert; dabei werden die Stammdaten in einer Datei pro Entnahmestelle (Stammdaten-Datei) und die Entnahmedaten jahresweise mit einer Zeile pro Entnahmestelle in einer der Teileinzugsgebietsnummer entsprechenden Datei (Entnahmedaten-Datei) verwaltet.

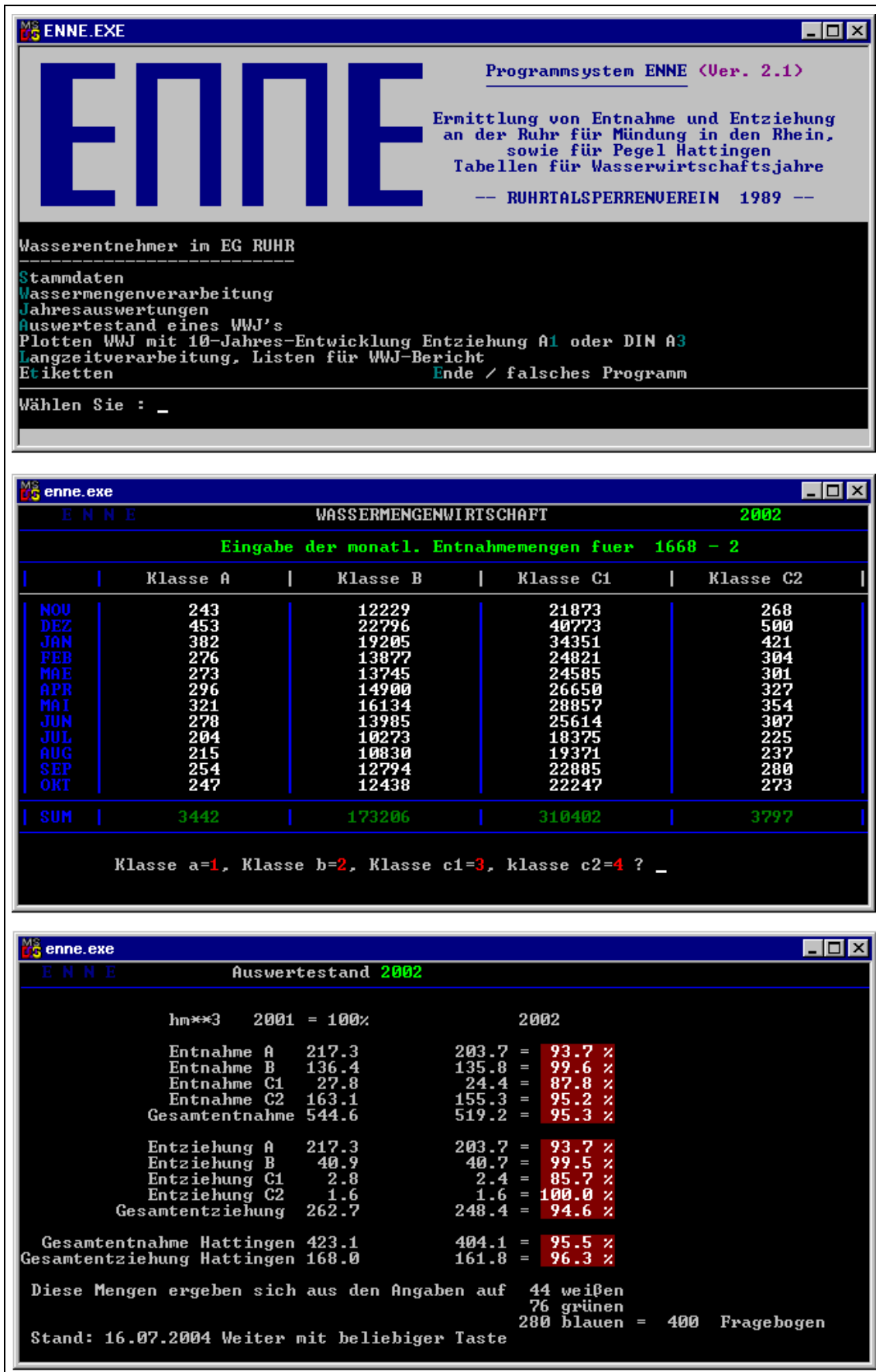


Abb. 3.1: Screenshots des Programmsystems ENNE

Innerhalb einer 'Stammdaten-Datei' werden die Nummer des Entnehmers und der Entnahmestelle, die Teileinzugsgebietsnummer, der Gewässerkilometer, die Nummer der Topographischen Karte 1:25000 (TK25), die Gemeindegrenznummer, der Rechts- und Hochwert nach Gauß-Krüger, die Entnahmeart, die Entnehmergruppe (Wasserversorgungsunternehmen, Industrie oder Kommune), Daten zu bestehenden Wasserrechten sowie die Adressdaten der Entnahmestelle und des entsprechenden Entnehmers gespeichert. Die Adressdaten eines Entnehmers liegen bei mehr als einer Entnahmestelle somit redundant vor.

Bei der Speicherung der Entnahmedaten werden die Nummer des Entnehmers und der Entnahmestelle, die Teileinzugsgebietsnummer, die Entnehmergruppe, die Entnahmeart und die Gewässerstationierung aus den Stammdaten übernommen und in einer Zeile der entsprechenden 'Entnahmedaten-Datei' abgelegt. Weiterhin werden in der Zeile die mit den Fragebögen ermittelten Daten zu der Entnahmestelle gespeichert. Dazu gehören die Kühlwasserart, die Art der Datenermittlung sowie die maximale Entnahme pro Tag und pro Sekunde in m<sup>3</sup> mit Datum. Die einzelnen Entnahmemengen werden dann monatsweise entsprechend den Entnahmeklassen hintereinander angeführt. Am Ende einer jeden Entnahmeklasse wird die Jahressumme der Klasse gespeichert. Nachdem die Entnahmemengen der einzelnen Entnahmeklassen gespeichert wurden, werden die Monatssummen über die Entnahmeklassen gebildet und abgelegt. Den Abschluss der Zeile bildet die Gesamtentnahme für das entsprechende Wasserwirtschaftsjahr. Jahresauswertungen und Daten für langzeitstatistische Auswertungen werden in einer separaten Datei ('langzeit.dat') gespeichert.

### **3.2 Programmsysteme im fachlichen Kontext**

Im Rahmen der Umfeldanalyse wurden Programmsysteme bzw. Projekte identifiziert, die in einem fachlichen Zusammenhang mit dem Programmsystem ENNE stehen oder im Zusammenhang mit dem neu zu entwickelnden Programmsystem stehen können (siehe Kap. 4.2). Die Ermittlung dieser Systeme erfolgte über eine Auswertung der durch die Abteilung 'Datenverarbeitung' des Ruhrverbands durchgeführten Erfassung von für das RIS (Ruhrverband-Informationssystem) relevanten Datenbeständen und durch eine Analyse der bestehenden Datenflüsse mit dem Programmsystem ENNE.

Die einzelnen Programmsysteme bzw. Projekte werden bis auf die oben beschriebenen Systeme ENNE und EZVOR im Folgenden vorgestellt und die Beziehungen der Systeme zum Programm ENNE skizziert. Eine Betrachtung der Verbindungen der

einzelnen Systeme untereinander erfolgt nur, wenn der fachliche Zusammenhang mit dem Projekt WALruhr gegeben ist.

In Abb. 3.2 werden die Systeme und ihre Abhängigkeiten dargestellt, wobei der hellgrüne Hintergrund für Programmsysteme steht, die innerhalb der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie eingesetzt werden. Auf dem hellorangefarbenen Hintergrund werden die Systeme zusammengefasst, die innerhalb des RIS-Projektes beteiligt sind. Die Programmsysteme im gelben Kasten besitzen eine geographische Komponente (Geographische Informationssysteme – GIS, siehe Definition Kap. 8.2.1), der orangefarbene Kasten steht für die Softwarekomponente des RIS-Projektes, und die Systeme im blauen Kasten arbeiten mit Wasserentnahmedaten. Das Programm ENNE im grünen Kasten stellt den Ist-Zustand des abzulösenden Systems dar. Die weißen Pfeile in der Abbildung stehen für vorhandene und die grauen Pfeile für relevante Datenflüsse, die durch das neue System unterstützt bzw. realisiert werden sollen (siehe Kap. 4.2).

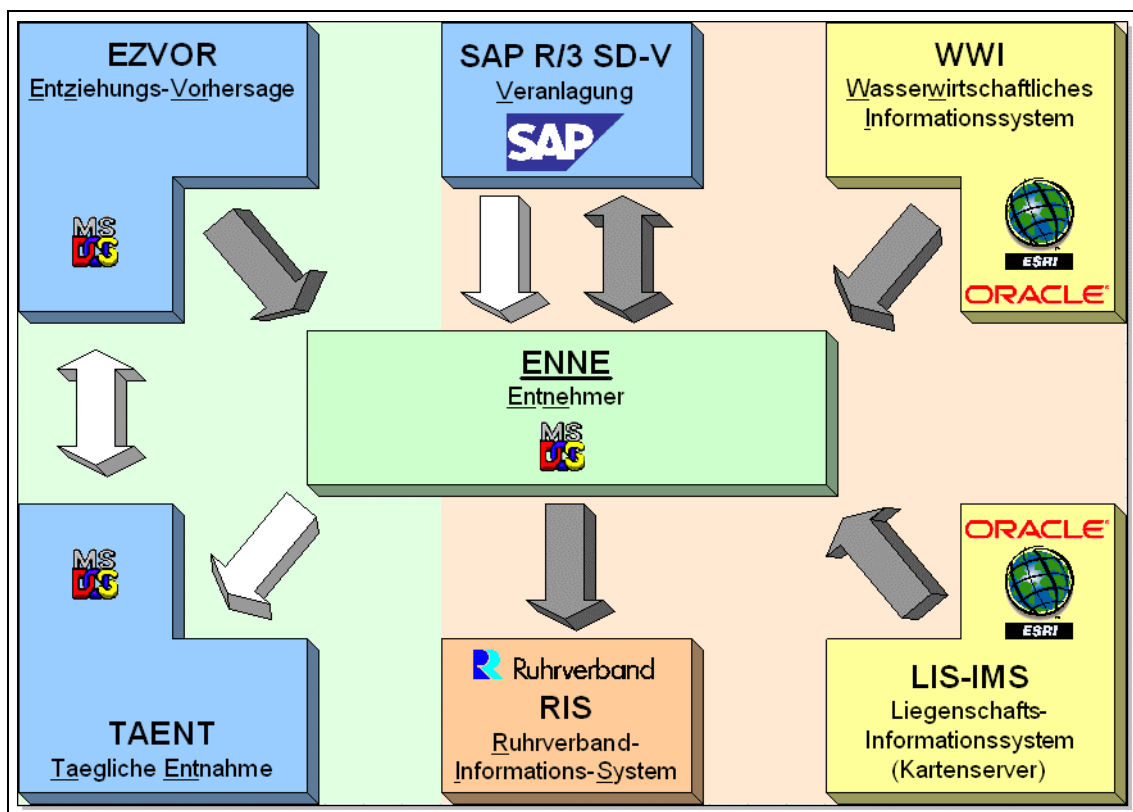


Abb. 3.2: Programmsysteme im Umfeld des Programms ENNE

Mit dem Programm **TAENT** (Taegliche Entnahmen), das in Turbo Pascal innerhalb der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbandes entwickelt wurde, werden mit Hilfe der Daten aus ENNE und EZVOR der monatliche Aufteilungsfaktor

und der monatliche Hochrechnungsfaktor (siehe Kap. 3.1.1) jeweils für die Kontrollquerschnitte 'Villigst' und 'Mündung' ermittelt und anschließend dem Vorhersagemodell EZVOR zur Modellrechnung bereitgestellt. Die Daten aus ENNE und EZVOR werden von TAENT über entsprechende Dateien eingelesen (siehe Abb. 3.2: ENNE  $\Rightarrow$  TAENT / EZVOR  $\Rightarrow$  TAENT), die Übergabe der Faktoren an EZVOR (siehe Abb. 3.2: TAENT  $\Rightarrow$  EZVOR) erfolgt über eine gedruckte Liste. Da sich die Faktoren nur monatsweise ändern, werden diese bei der Erfassung der täglichen Entnahmen mit eingepflegt.

Die mit dem Programm **EZVOR** verwalteten täglichen Entnahmemengen der großen Wasserentnehmer sollten künftig zur Validierung der Daten mit den monatlichen Entnahmemengen aus den Jahresmeldungen innerhalb des Programms ENNE abgeglichen werden (siehe Abb. 3.2: EZVOR  $\Rightarrow$  ENNE).

Jährliche Wasserentnahmedaten werden auch über eine Fragebogenaktion durch den 'Zentralbereich Finanzen', Bereich 'Kunden und Veranlagung' des Ruhrverbands vor kaufmännischem Hintergrund erfasst. In diesem Rahmen werden mit dem **SAP-Modul R/3 SD-V** jedoch nur Jahreswerte der jeweiligen Entnehmer innerhalb eines Kalenderjahres erfasst. Eine Aufschlüsselung nach Entnahmestellen erfolgt in diesem Zusammenhang nicht. Mit den genannten Daten wird entsprechend der Verwendung des entnommenen Wassers und anhand anderer Kriterien ein Beitragssatz ermittelt, der dem Entnehmer in Rechnung gestellt wird. Neben den Wasserentnehmern werden unter anderem auch Abwassereinleiter veranlagt (vgl. RUHRVERBAND 1998). Derzeit werden die Adressdaten innerhalb des Programms ENNE mit denen des SAP-Modul R/3 SD-V abgeglichen (siehe Abb. 3.2: SAP R/3 SD-V  $\Rightarrow$  ENNE). Anzustreben ist hier sowohl der Adressabgleich als auch eine Validierung der jährlichen Entnahmedaten beider Systeme (siehe Abb. 3.2: SAP R/3 SD-V  $\Leftrightarrow$  ENNE).

Das Wasserwirtschaftliche Informationssystem (**WWI**) der Firma Hydrotec, basierend auf einer Datenbank der Firma Oracle und GIS-Technologie der Firma ESRI, wird seit Oktober 2001 beim Ruhrverband im Bereich Flussgebietsmanagement eingesetzt. Seitdem sind umfangreiche allgemeine und wasserwirtschaftliche Datenbestände in das System eingeflossen. Dazu gehören u. a. das Gewässernetz, die Teileinzugsgebiete und die Gemeindegrenzen. Da diese Daten numerisch im Programm ENNE gespeichert sind, soll perspektivisch eine Ermittlung dieser Daten über eine räumliche Verschneidung der Entnahmestellen mit den entsprechenden Datenbeständen aus

dem WWI forciert werden, damit eine händische Pflege dieser Daten entfallen kann (siehe Abb. 3.2: WWI  $\Rightarrow$  ENNE).

Über die Abteilung Liegenschaften und Forsten des Ruhrverbands wird mit dem Liegenschafts-Informationssystem (**LIS**) ein Kartendienst (Internet Map Server - **IMS**) für alle Abteilungen des Ruhrverbands angeboten. Der Kartendienst des LIS-basiert ebenfalls auf einer Oracle Datenbank und GIS-Produkten der Firma ESRI wie z. B. der ArcSDE (Spatial Database Engine) und dem ArcIMS (Internet Map Server). Da eine Visualisierung der Entnahmestellen vor einem Kartenhintergrund erfolgen soll, und die digitalen Karten nicht redundant in verschiedenen Systemen vorgehalten werden sollen, ist eine Einbindung des Kartendienstes in die neue Applikation zu berücksichtigen (siehe Abb. 3.2: LIS-IMS  $\Rightarrow$  ENNE).

Mit dem **RIS**-Projekt des Ruhrverbands wurden Datenbestände, die von zentraler Bedeutung sind, mit dem Ziel identifiziert, sowohl die Verfügbarkeit als auch die Verantwortlichkeiten für diese Datenbestände zu dokumentieren und ggf. zu klären. Aus technischer Sicht wird derzeit ein auf Metadaten basierender Datenkatalog (auch für Datenbestände, die keinen geographischen Bezug aufweisen wie z. B. Formatvorlagen für Office-Produkte) aufgebaut, der allen Mitarbeitern beim Ruhrverband über Webtechnologie im Intranet zur Verfügung stehen soll. Über den Datenkatalog soll der Zugriff auf die im RIS verfügbaren Daten erleichtert werden, indem Suchfunktionen über die Metadaten bereitgestellt werden, mit denen entsprechende Datenbestände gesucht und gefunden werden können. Ein online-Zugriff auf diese Datenbestände ist in diesem Zusammenhang anzustreben, jedoch nicht verpflichtend, da die Kenntnis, wer für bestimmte Daten zuständig ist, und wo diese zu finden sind (wie z. B. historische Karten in einem Archiv) schon eine wichtige Information darstellen. Die Wasserentnahmedaten wurden innerhalb des RIS-Projektes als für diesen relevant identifiziert, womit die Anforderung einer zentralen Bereitstellung von Metadaten für den Datenkatalog wie auch ein möglicher online-Zugriff auf diese Daten verbunden ist. Dieser Anforderung muss sich das neue Programmsystem stellen (siehe Abb. 3.2: ENNE  $\Rightarrow$  RIS).

### **3.3 Hard- und softwaretechnische Infrastruktur**

Im Folgenden werden die verfügbaren hard- und softwaretechnischen Ressourcen im Zusammenhang mit der Entwicklung des neuen Programmsystems dargestellt.

Die Entwicklung des Programmsystems kann auf einem eigens für diesen Zweck bereitgestellten Server erfolgen. Die Konfiguration dieses 'Entwicklungsservers' ist weitestgehend identisch mit einem Produktivsystem, das zurzeit für andere Webanwendungen eingesetzt wird. Auf diesem Produktivsystem werden das Betriebssystem Windows 2000 der Firma Microsoft, der Apache Webserver in der Version 1.3.29, der Open-Source 'PHP: Hypertext Preprocessor' (PHP) in der Version 4.3.4 und das Open-Source Datenbankmanagementsystem MySQL in der Version 4.0.16 verwendet. Des Weiteren steht ein Server mit einer Oracle 9i Datenbank sowie ein Backup-Server für Datenbanken zur Verfügung.

Clientseitig kommen die Office Produkte der Firma Microsoft in den Versionen 97 und 2000, das Desktop GIS ArcView 3.x der Firma ESRI sowie der Netscape Browser in der Version 7.x zum Einsatz.

Die Server und PC-Arbeitsplätze innerhalb des Ruhrverbands sind entsprechend vernetzt und verfügen über die Möglichkeit, auf das Internet zuzugreifen.

---

## **4 Systemanforderungen**

Bevor die Anforderungen an das neue Programmsystem definiert werden, sollen die Defizite des Programmsystems ENNE aufgezeigt und dokumentiert werden. Diese bilden u. a. die Grundlage zur Festlegung von Ansprüchen an das neue Programmsystem.

### **4.1 Defizite des Programmsystems ENNE**

Im Folgenden werden die zentralen Defizite des aktuellen Systems erläutert, die sich von der Datenerfassung über die Datenhaltung bis hin zur Datenausgabe erstrecken.

Die Datenerfassung und -verwaltung sowie die Weiterverarbeitung sind technisch an einen Arbeitsplatz gebunden, da bei der Erstellung des Programmsystems ENNE (1986) aufgrund der fehlenden DV-technischen Infrastruktur nicht die Notwendigkeit bestand, das Programmsystem netzwerkfähig auszulegen. Die Auswertung der Daten kann zwar durch die Erstellung einer Kopie des Datenbestandes auch an einem anderen mit dem Programmsystem ausgestatteten Arbeitsplatz erfolgen, ein automatisierter Abgleich der Datenbestände kann jedoch nicht erfolgen.

Die versandten Fragebögen besitzen keine eindeutigen Nummern, mit denen ein Fragebogen einer entsprechenden Entnahmestelle zugeordnet werden kann. Aus diesem Grund erfolgt eine Zuordnung über die vom Entnehmer eingetragene Bezeichnung der Entnahmestelle. Bei einer Abweichung der Bezeichnung von den im System verfügbaren Informationen muss daher die Zuordnung über den Vergleich der gemeldeten Entnahmemengen mit denen aus dem Vorjahr hergestellt werden.

Die in Kap. 3.1.2 beschriebene Datenhaltung erfolgt im Bereich der Stammdaten der Entnehmer redundant und ist nicht über das Programmsystem abgefangen. Änderungen an den Stammdaten eines Entnehmers müssen bei der Existenz von mehr als einer Entnahmestelle mehrfach nachgepflegt werden. Weiterhin werden bei Änderungen an den Stammdaten der Entnahmestellen diese nicht innerhalb der 'Entnahmedaten-Datei' nachgeführt. Bei einer Korrektur z. B. einer Teileinzugsgebietsnummer wird diese erst bei der nächsten Erfassung der Wasserentnahmedaten (und nicht rückwirkend) berücksichtigt. Eine Übernahme einer Entnahmestelle durch einen anderen Entnehmer ist hier nicht vorgesehen. Die Datenhaltung erfolgt in einem programmspezifischen Format und ausschließlich dateibasiert, was den Zugriff durch andere Programme bzw. einen Datenaustausch mit diesen erschwert.

Das Programmsystem ENNE stellt Standardauswertungen, die früheren Ansprüchen genügten, zur Verfügung. Eine Anpassung bzw. Erweiterung der Auswertungen (vor allem mit räumlichem Charakter) sowie des Programmsystems als solches ist nur programmiertechnisch zu lösen, was aufgrund der veralteten Entwicklungsumgebungen und Programmiersprachen nur mit erheblichem Aufwand und nicht zukunftsorientiert erfolgen kann.

Die Auswertungen können in der Regel nur über einen Nadeldrucker ausgegeben werden, eine Bildschirmausgabe erfolgt lediglich für wenige ausgewählte Fälle.

#### **4.2 Anforderungen an das neue Programmsystem**

Mit dem neuen Programmsystem sollen die derzeit im System ENNE verfügbaren Funktionalitäten weiterhin unterstützt werden. Dazu gehören u. a. die Stammdatenverwaltung, die Verarbeitung der Wasserentnahmedaten und die Bereitstellung von Standardauswertungen (siehe Kap. 3.1.2). Die folgenden darüber hinausgehenden Anforderungen orientieren sich an den Defiziten des Programmsystems ENNE und an den geänderten Ansprüchen aus der Praxis.

Die Erfassung, Verwaltung, Auswertung sowie Weiterverarbeitung der Wasserentnahmedaten soll mit dem neuen Programmsystem vereinfacht werden und technisch nicht mehr nur an einen Arbeitsplatz gebunden sein. Vielmehr ist eine Eingabe der mit den Fragebögen abgefragten Daten durch die Entnehmer vor Ort anzustreben, um den Erfassungsaufwand seitens des Ruhrverbands zu minimieren, und um Fehler, die durch mehrmaliges händisches Übertragen der Daten entstehen können, zu vermeiden. Die in dem System geführten geographischen Daten wie z. B. die Teileinzugsgebietsnummer sollen mit Hilfe von GIS-Techniken ermittelt und der Pflegeaufwand so reduziert werden. Die eindeutige Zuordnung eines Fragebogens zu einer entsprechenden Entnahmestelle muss gewährleistet werden.

Da zurzeit einige Wasserwerke zusammengelegt werden, muss innerhalb des neuen Datenmodells der Übergang eines Entnahmeortes (z. B. eines Wasserwerkes mit mehreren Entnahmestellen) von einem Entnehmer zu einem anderen mit einer entsprechenden Historienverwaltung berücksichtigt werden. Die derzeitige redundante Datenhaltung der Entnehmerstammdaten innerhalb der Stammdaten der Entnahmestellen und die inkonsistente Datenhaltung innerhalb der Wasserentnahmedaten muss mit dem neuen System behoben werden.

Die innerhalb des Systems ENNE zur Verfügung stehenden Standardauswertungen liefern eine wichtige Datengrundlage für den wasserwirtschaftlichen Jahresbericht 'Ruhrwassermenge' (vgl. RUHRVERBAND 2003), der jährlich von der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands u. a. für die Aufsichtsbehörden erstellt wird. Diese Standardauswertungen sollen auch mit dem neuen System erfolgen und um weitere dieser Art wie z. B. flussgebiets-, gewässer- und entnehmerbezogene Auswertungen ergänzt werden. Neben den Standardauswertungen ist eine flexible Auswertung der Daten zu ermöglichen und eine Betrachtung sowohl innerhalb eines Kalenderjahres als auch innerhalb eines Wasserwirtschaftsjahres zu berücksichtigen. Die Ausgabe der Auswertungen – insbesondere der Standardauswertungen – hat wahlweise über Bildschirm oder Drucker zu erfolgen, wobei sowohl eine textliche als auch eine graphische Präsentation der Ergebnisse von Vorteil wäre.

Eine Kopplung des neuen Systems mit Programmsystemen, die im fachlichen Kontext stehen (wie in Kap. 3.2 näher beschrieben), soll in vollem Umfang realisiert werden. Dazu gehören der Abgleich der Datenbestände aus den Systemen EZVOR und SAP R/3 SD-V mit dem Datenbestand des neuen Systems, die Bereitstellung von modelltechnischen Parametern über das Programm TAENT, die Versorgung des RIS mit Metadaten sowie mit Standardauswertungen, die Nutzung von wasserwirtschaftlichen Daten aus dem Geographischen Informationssystem WWI sowie von digitalen Karten des Kartenservers LIS-IMS.

Im Zusammenhang mit den Anforderungen aus der Praxis sind u.a. die vermehrten (räumlichen) Anfragen vor dem Hintergrund der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) zu nennen. Die EU-WRRL schafft einen neuen Ordnungsrahmen für Maßnahmen im Bereich der Wasserpolitik und fördert den nachhaltigen, vor allem ökologischen Schutz aller Gewässer mit dem Ziel, den guten ökologischen Zustand bei Wasserkörpern zu erreichen. Nach einer ersten Bestandsaufnahme sollen u. a. im Bereich der Wassermenge allgemeine Prinzipien für die Wasserentnahme und die Aufstauung festgelegt werden. Auf dieser Grundlage wird ein Maßnahmenprogramm erstellt, um die ökologische Nachhaltigkeit für die betroffenen Wassersysteme zu sichern (vgl. EU-WRRL 2000 Abs. 41). Zur Ermittlung der Belastung von Wassersystemen sollen u.a. signifikante Wasserentnahmen für städtische, industrielle, landwirtschaftliche und andere Zwecke einschließlich der saisonalen Schwankungen und des jährlichen Gesamtbedarfs sowie der Wasserverluste in Versorgungssystemen ermittelt werden (vgl. EU-WRRL 2000 Anh. II Abs. 1.4). Das neue Programm soll hier – soweit Daten in

diesem Kontext vorgehalten werden – eine Hilfestellung bei der Auswertung bzw. der Bereitstellung von Daten bieten.

An die technische Umsetzung des Projektes gab es keine konkreten Vorgaben seitens des Ruhrverbands als Auftraggeber; eine Nutzung bzw. eine bedarfsorientierte Erweiterung der in Kap. 3.3 im Rahmen der Umfeldanalyse beschriebenen Ressourcen ist jedoch sinnvoll.

---

## 5 Systementwurf

Vor dem Hintergrund der in Kap. 3 durchgeführten Umfeldanalyse und der in Kap. 4 definierten Anforderungen wird im Folgenden ein Konzept und darauf aufbauend eine Systemarchitektur für das neue Programmsystem entwickelt, das im weiteren Verlauf als **WAL** bzw. **WALruhr** (Water Abstraction and Losses in the Ruhr Catchment Area) bezeichnet wird. Vor der Entwicklung des gewählten Konzeptes und der eigentlichen Systemarchitektur des Systems WALruhr werden verschiedene Schichtenmodelle vorgestellt und die Bedeutung von Schnittstellenstandards erörtert, da diese eine wesentliche Grundlage des folgenden Systementwurfs darstellen.

### 5.1 Schichtenmodelle und Schnittstellen

Die Aufteilung einer Applikation auf verschiedene konzeptionelle und hardwaretechnische Schichten und die damit verbundenen Vor- und Nachteile werden vorgestellt. Am Beispiel der Systemarchitektur der Spatial Database Engine (SDE) der Firma ESRI werden eine konkrete konzeptionelle Schichtenarchitektur skizziert und die Anwendung verschiedener hardwaretechnischer Schichtenmodelle in diesem Zusammenhang aufgezeigt. Das genannte Beispiel wird näher betrachtet, da dieses Konzept innerhalb der Systemarchitektur WALruhr zum Einsatz kommt. Abschließend wird die Bedeutung von Schnittstellenstandards erläutert, die eine Kommunikation zwischen den verschiedenen konzeptionellen Schichten ermöglichen.

#### 5.1.1 Soft- und hardwaretechnische Schichtenmodelle

Das softwaretechnische 'Drei-Schichten-Modell' wird in vielen Applikationen verwendet und kommt u. a. auch bei datenbankbasierten Webanwendungen (vgl. WILLIAMS und LANE 2000) oder bei klassischen GIS-Applikationen (vgl. LONGLEY et al. 2001, S. 165) zum Einsatz. Die drei logischen Schichten sind dabei aufgeteilt in 'Datenmanagement', 'Anwendungslogik' und 'Präsentation' (siehe a) in Abb. 5.1). Die Funktion der einzelnen Schichten hängt von der Implementierung ab, wird typischerweise aber wie folgt definiert (vgl. LONLEY und THERIAULT 2002):

- Die Präsentations-Schicht zur Darstellung der Anwendung über einen Client
- Die Schicht mit der Anwendungslogik zur Verarbeitung der Geschäftslogik
- Die Datenmanagement-Schicht zum Speichern und Abrufen der Daten

Das softwaretechnische 'Drei-Schichten-Modell' kann auch in monolithischen Applikationen angewendet werden; erst wenn diese konzeptionellen Schichten innerhalb einer Architektur als eigenständige Komponenten entwickelt worden sind, ist es möglich, diese auch hardwaretechnisch auf verschiedene Schichten bzw. Systeme zu verteilen. Dabei können die unterschiedlichen Komponenten je nach Installation auf gemeinsamen oder verschiedenen Hardwareschichten angesiedelt werden (siehe Kap. 5.1.2).

Durch die Entwicklung eigenständiger Schichten ergeben sich für eine Applikation langfristig Vorteile. So kann eine Schicht, die eine besonders hohe Performance benötigt, auf einen eigenen leistungsstarken Server (Applikationsserver) mit entsprechenden Ressourcen ausgelagert werden. Des Weiteren wird eine unabhängige Skalierbarkeit der einzelnen Schichten ermöglicht und somit je nach Implementierung der software- oder hardwaretechnische Austausch innerhalb einer Schicht vereinfacht (vgl. SWEAT 2001). Bei Webanwendungen kann die Präsentations-Schicht auch auf einem Server angesiedelt werden (siehe b) in Abb. 5.1), wodurch u. a. die Installation einer speziellen Client-Software wegfällt; sie wird durch einen herkömmlichen Webbrowser ersetzt. Somit steht die Anwendung allen entsprechend ausgestatteten Nutzern zur Verfügung und kann zentral auf dem Server gewartet werden (vgl. WILLIAMS und LANE 2000).

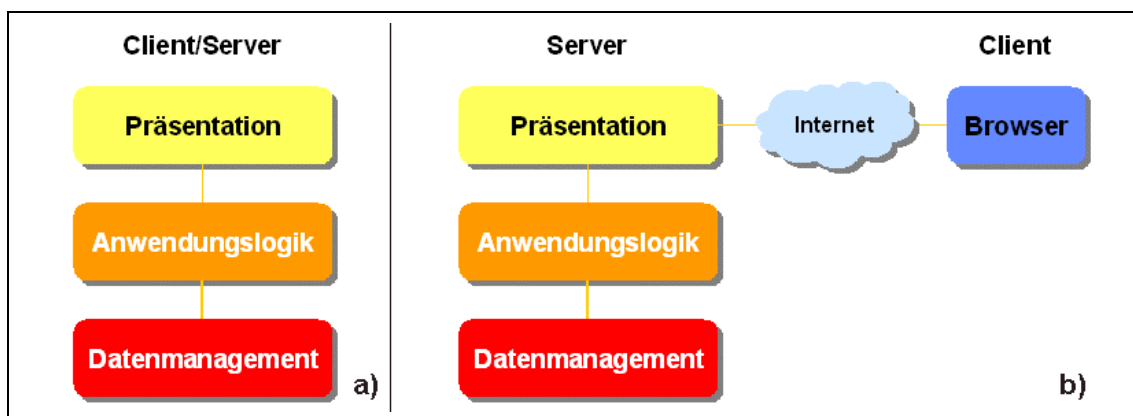


Abb. 5.1: Drei-Schichten-Modell

(Quelle: a) modifiziert nach LONGLEY et al. 2001  
b) modifiziert nach SWEAT 2001 )

Nachteile ergeben sich bei der Entwicklung der eigenständigen Komponente u. a. durch einen erhöhten Programmieraufwand, da die entsprechenden Komponenten in der Lage sein müssen, mit der jeweils darüber und bzw. oder darunter liegenden Schicht zu kommunizieren. Im Hinblick auf die Entwicklung einer Webanwendung steht z. B. für die Verbindung vom Webbrowser (Client) zum Webserver das HTTP (Hyper-

text Transfer Protokoll) zur Verfügung. Herkömmliche Datenbank Anwendungen sind kontextabhängig, d. h. ein Benutzer meldet sich an, führt zusammenhängende Transaktionen durch und meldet sich anschließend wieder ab. Da das HTTP kontextunabhängig ist, muss bei der Entwicklung einer datenbankbasierten Webanwendung eine Methode verwendet werden, die den Kontext über das HTTP aufrecht erhält und einen strukturierten Informationsfluss gewährleistet. In der Regel wird dies durch den Austausch eines Erkennungszeichens realisiert, das den Benutzer und seine Sitzung (Session) eindeutig identifiziert (vgl. WILLIAMS und LANE 2000). Dieses Beispiel soll den erhöhten Aufwand veranschaulichen, der bei der Realisierung von Kommunikationsstrukturen zwischen den einzelnen Schichten betrieben werden muss.

### 5.1.2 Schichtenmodell der Spatial Database Engine

Die Spatial Database Engine (SDE) der Firma ESRI ermöglicht sowohl das Speichern und Verwalten von räumlichen Daten in einer Datenbank als auch den Zugriff von anderen Applikationen auf diese Datenbestände. Durch die SDE wird die **softwaretechnische** 'Zwei-Schichten-Architektur' (two-tier-architecture) eines Geographischen Informationssystems um eine mittlere Schicht, den Applikations-Server, erweitert (siehe Abb. 5.2).

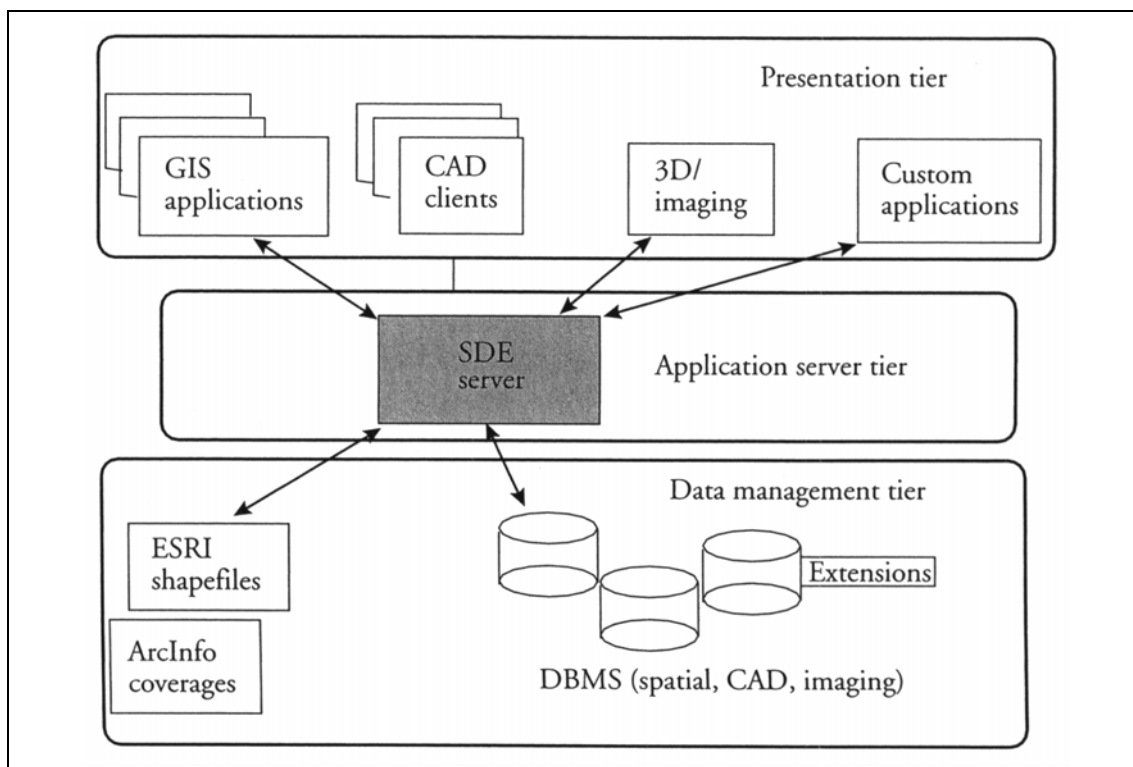


Abb. 5.2: Softwaretechnisches Schichtenmodell der SDE  
(Quelle: RIGAUX, SCHOLL and VOISARD 2002)

Hinsichtlich der Kommunikation mit der Daten-Schicht unterstützt die SDE den Zugriff sowohl auf dateibasierte Datenbestände (z. B. ESRI shapfiles) als auch auf Datenbanksysteme wie Oracle (9i/10g), Microsoft SQL Server, Informix und IBM DB2. Innerhalb der Datenbanksysteme (siehe Abb. 5.2 DBMS) können die räumlichen Daten in einem SDE-eigenen Datenformat oder auch in den von den Datenbanken angebotenen Formaten wie z. B. Oracle's Spatial Data Option (SDO) abgelegt werden.

Die Kommunikation mit der Präsentations-Schicht unterstützt nicht nur GIS-Applikationen, sondern auch CAD-Produkte (Computer Aided Design) sowie Produkte aus dem Bereich dreidimensionaler und bildbearbeitender Anwendungen. Des Weiteren wird über eine offene Entwicklungsschnittstelle ODE (Open Development Environment) innerhalb der SDE Entwicklern die Möglichkeit gegeben, benutzerdefinierte Applikationen zu programmieren, die auf die SDE aufsetzen (vgl. RIGAUX et al. 2002).

Aus **hardwaretechnischer** Sicht ist es möglich, die SDE sowohl in einer 'Zwei-Schichten-Architektur' als auch in einer 'Drei-Schichten-Architektur' zu implementieren. Innerhalb der beiden Architekturen ist die datenbankseitige Konfiguration mit einem entsprechenden Datenbankmanagementsystem (DBMS) und dem ArcSDE-Datenbankschema gleichgehalten.

In der 'Drei-Schichten-Architektur' wird ein Applikationsserver (ArcSDE Server) eingesetzt, auf dem vereinfacht dargestellt ein SDE-Prozess läuft, der als Broker zwischen Client und Datenbankserver fungiert. Auf dem ArcSDE Server wird zur Kommunikation mit dem Datenbankserver eine DBMS-Client-Software eingesetzt. Die Verbindung zwischen Client und ArcSDE Server wird als 'Application-Server-Connect' (ASC) und die zwischen ArcSDE Server und Datenbankserver als 'DBMS-Connect' bezeichnet (siehe a) in Abb. 5.3).

Bei der 'Zwei-Schichten-Architektur' wird eine direkte Verbindung vom Client PC zum Datenbankserver hergestellt. Wandert dabei der ArcSDE-Prozess (die Anwendungslogik) auf den Datenbankserver, wird die Verbindung als 'Application-Server-Connect' (ASC) bezeichnet (siehe b) in Abb. 5.3). Werden die Funktionalitäten der SDE, die zur Verbindung mit der SDE-Datenbank (unter Verwendung einer DBMS-Client-Software) benötigt werden, im Client oder innerhalb eines weiteren Applikationsservers implementiert, wird die Verbindung als 'Direct-Connect' (DC) bezeichnet (siehe c) in Abb. 5.3) (vgl. ESRI 2004a).

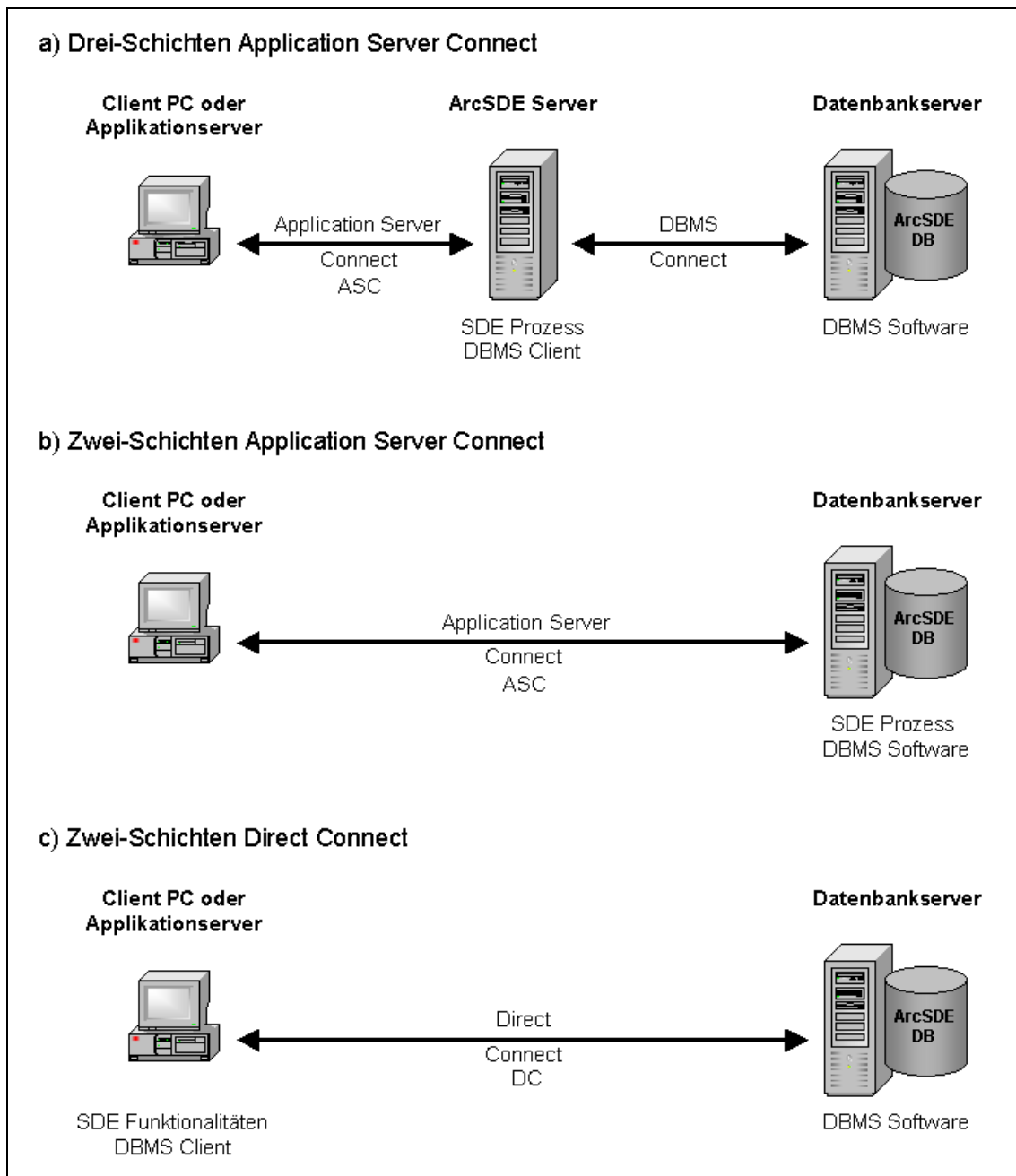


Abb. 5.3: Zwei- und Drei-Schichten-Hardware-Architektur der SDE  
(Quelle: modifiziert nach ESRI 2004a)

Mit o. g. Beispiel wird verdeutlicht, dass eine softwaretechnische 'Drei-Schichten-Architektur' nicht an eine hardwaretechnische 'Drei-Schichten-Architektur' gebunden sein muss. Aus den verschiedenen Konfigurationen ergeben sich Vor- und Nachteile, die im Zusammenhang mit der konkreten Architektur diskutiert und bewertet werden müssen. Innerhalb der Architektur des Programmsystems WALruhr wird die technische Möglichkeit genutzt, geographische Daten aus einem DBMS über einen Direct-Connect GIS-Applikationen zur Verfügung zu stellen, ohne hierfür einen eigenen SDE-Server (Applikationsserver) betreiben zu müssen (siehe Kap 5.3).

### 5.1.3 Schnittstellen

Durch die Verwendung von offenen, standardisierten Schnittstellen entwickeln sich die abgeschlossenen proprietären Systemarchitekturen in Richtung offener Systeme. Abb. 5.4 stellt die Entwicklung von monolithischen Architekturen aus dem Bereich der Geoinformatik hin zu schichtenbasierten Systemarchitekturen sowie die Öffnung dieser proprietären Systemarchitektur durch die Verwendung von offenen Schnittstellen (APIs) dar. Hierbei spielt das Internet eine wichtige Rolle, da es durch die Vernetzung einer Vielzahl von Computern und durch die Akzeptanz des Internets beim Nutzer als Kommunikationsschicht erst das volle Anwendungspotential offener Systeme erschließt (vgl. STROBL 2001).

Das Open Geospatial Consortium (OGC) spezifiziert in gegenseitigem Einvernehmen mit führenden Entwicklern sowie Nutzern von GI-Systemen Standards im Bereich der Geoinformatik mit dem Ziel, eine weltweit verteilte Geographische Informationsverarbeitung (GIV) nach dem Modell des Hyperlink-Systems im WWW zu ermöglichen. Grundvoraussetzung hierfür ist es, die Verarbeitung von räumlichen Informationen aus verschiedenen Systemen unterschiedlicher Hersteller zu ermöglichen (vgl. STROBL 2001).

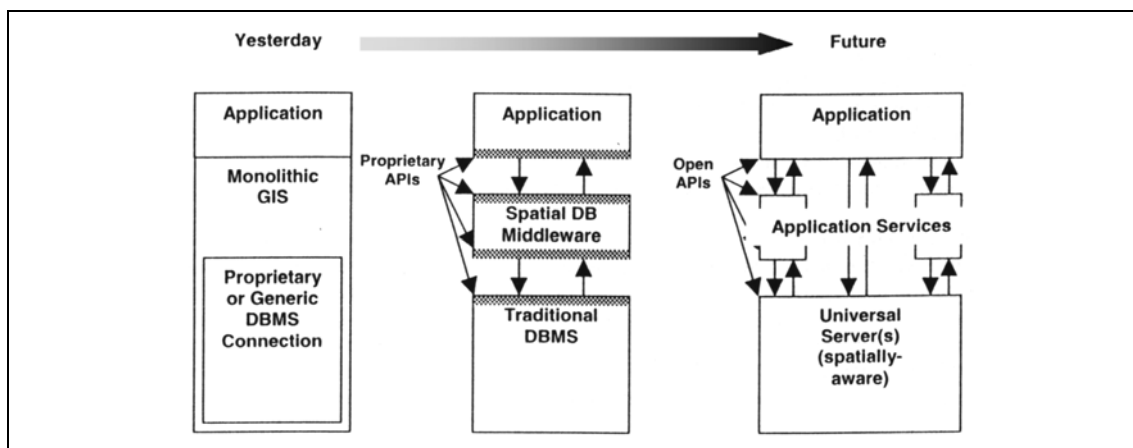


Abb. 5.4: Entwicklung der GIS-Architekturen in Richtung offener Systeme  
(Quelle: STROBL 2001)

Standards, insbesondere innerhalb einer Systementwicklung, werden nicht nur vom OGC angeboten sondern u.a. auch von Organisationen wie dem 'World Wide Web Consortium' (W3C), der 'International Standardisation Organisation' (ISO) und dem 'Federal Geographic Data Committee' (FGDC). Aus diesen und anderen Organisationen gehen eine Vielzahl von Standards und Normungen hervor. Ziel ist es u. a., die proprietären Schnittstellenlösungen zu reduzieren und Standards innerhalb der

verschiedenen Bereiche einer Systemarchitektur zu verwenden, die zu einer Öffnung der Systeme führen und somit Grundlage für eine Interoperabilität in der Datenverarbeitung sind.

## **5.2 Konzept des Programmsystems WALruhr**

Bei den Anforderungen wurde definiert, dass die Entwicklung des neuen Programmsystems WALruhr nicht an vorhandene Kommunikationsstrukturen gebunden ist, sondern vielmehr technische Möglichkeiten genutzt werden sollen, die eine Datenerfassung und -auswertung vereinfachen (siehe Kap. 4.2). Des Weiteren sollen vorhandene Datenbestände bzw. Informationssysteme, die im Zusammenhang mit der neuen Applikation stehen, integriert werden (siehe Kap. 3.2). Diese Aspekte bilden die Schwerpunkte des nachfolgend beschriebenen Konzeptes des Programmsystems WALruhr. Die aus dem Konzept resultierende Systemarchitektur sowie deren technische Ausprägung werden in Kap. 5.3 beschrieben. Detailkonzepte wie z. B. das Datenmodell oder das Design einer Benutzeroberfläche sowie deren technische Realisierung werden für die jeweiligen Schichten in Kap. 6 bis 8 näher ausgeführt.

### **5.2.1 Systeminterner Datenfluss**

Die monatlich im Einzugsgebiet der Ruhr entnommenen Wassermengen werden jährlich von den Wasserentnehmern mit einem Fragebogen pro Entnahmestelle gemeldet. Hierzu tragen die Entnehmer die Entnahmemenge sowie weitere Angaben in den vom Ruhrverband bereitgestellten Fragebogen ein (siehe Anhang A1, Abb. A1.1). Die Daten aus den Fragebögen werden von Mitarbeitern des Ruhrverbands in das Programmsystem ENNE eingepflegt. Um Fehlerquellen und Arbeitsaufwand bei diesem Vorgang zu reduzieren, wird zukünftig eine Dateneingabe durch den Entnehmer direkt in das Programmsystem WALruhr ermöglicht. Aufgrund der weiten Verbreitung des Internet und des gewohnten Umgangs mit Applikationen im Web (vgl. WILLIAMS und LANE 2000) bietet es sich an, das Programmsystem WALruhr mit einer entsprechenden Web-Komponente zu realisieren.

Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Entnehmer bzw. zuständigen Sachbearbeiter bei den Entnehmern über einen Zugang zum Internet verfügen, soll die Meldung der Entnahmedaten weiterhin auch über Fragebögen angeboten werden. Um bei diesem Vorgang ebenfalls eine Verbesserung zu erzielen, werden die Fragebögen mit einer eindeutigen Nummer versehen (siehe Anhang A1, Abb. A1.2), damit diese beim Ruhrverband den entsprechenden Entnahmestellen schnell und eindeutig zuge-

ordnet werden können. Bei diesem Arbeitsschritt werden Seriendruckfunktionen, wie sie z. B. in Microsoft Word zur Verfügung stehen, eingesetzt.

Die Stammdaten der Entnahmestellen wurden letztmalig im Jahre 1985 in Vorbereitung auf die digitale Verarbeitung der Wasserentnahmedaten mit dem Programmsystem ENNE über eine Fragebogenaktion abgeglichen. Bemerkenswert ist die detaillierte Abfrage von Lageinformationen der Entnahmestellen zu diesem Zeitpunkt. Diese wurden über die konkrete Angabe von Gauß-Krüger-Koordinaten oder über eine Markierung auf einem Kartenausschnitt, der dem Fragebogen als Anlage beigefügt war, erfasst. Um die Datenqualität innerhalb des Programmsystems WALruhr zu erhöhen, wird ein routinemäßiger Stammdatenabgleich der Entnehmerstammdaten sowie der Stammdaten der Entnahmestellen implementiert. Hierzu kommen ebenfalls Seriendruckfunktionen sowie Webtechniken zum Einsatz. Innerhalb der Webapplikation wird in diesem Zusammenhang eine graphische Komponente (Map-Service) berücksichtigt, die eine Erfassung und Validierung von Lageinformationen der Entnahmestellen unterstützt.

Der Rückfluss von Informationen bzw. Auswertungen aus dem Programmsystem ENNE erfolgt in der Regel über die Weitergabe von Ausdrucken aus dem System. Dem gegenüber wird das Programm WALruhr in der Lage sein, die Informationen dort und derart zur Verfügung zu stellen, wo und in welcher Form sie benötigt werden. Da es sich im Wesentlichen um einen Ruhrverbands-internen Datenfluss handelt, können die vorhandenen DV-technischen Ressourcen genutzt werden. Die von den meisten Anwendern benötigten Standardauswertungen sowie eine eingeschränkte flexible Datenauswertung wird über das Webmodul der Applikation WALruhr zur Verfügung gestellt. Eine vollständig flexible Abfrage der Daten mittels Webtechnik zu realisieren, wäre zu aufwändig und nicht gerechtfertigt, da es hierfür nur einen sehr eingeschränkten Nutzerkreis gibt. Eine flexible Auswertung der Daten kann über Standard-Software-Produkte wie z. B. Access, Excel, Crystal Reports erfolgen, wobei GIS-Produkte zur räumlichen Auswertung der Daten genutzt werden können. Zur Bedienung der genannten Produkte kann dem entsprechenden Nutzerkreis eine gewisse Fachkompetenz zugemutet werden.

Insbesondere bei der Datenauswertung ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Wasserentnahmedaten um äußerst sensible Daten handelt, die u. a. über die Produktivität eines Unternehmens Aufschluss geben können. Daher wird eine Benutzerverwal-

ung implementiert, die u. a. eine entnehmerbezogene Auswertung der Wasserentnahmedaten nur einem bestimmten Nutzerkreis ermöglicht.

### **5.2.2 Systemintegration**

Programme und Datenbestände, die im Rahmen der Umfeldanalyse identifiziert wurden und in Verbindung mit dem System WALruhr stehen (siehe Kap. 3.2), werden soweit möglich in den Datenfluss des Systems integriert. Durch die Verwendung von Standards (siehe Kap. 5.1.3) und durch einen schichtenbasierten Aufbau wird dieser Prozess unterstützt bzw. erleichtert. Eine Automatisierung der entsprechenden Datenflüsse wird angestrebt, kann allerdings vor dem Hintergrund einer geringen Nutzungsfrequenz oder eines Zugriffs auf dateibasierte Datenbestände durchaus auch eine händische Komponente besitzen. Eine Reduzierung von Schnittstellen zu anderen Programmsystemen z.B. durch deren Ablösung wird geprüft. Konkrete Systemanbindungen werden im Folgenden kurz angeführt und in Kap. 5.3 technisch näher ausgeführt.

Wasserentnahmedaten werden beim Ruhrverband mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung in zwei weiteren Systemen (EZVOR und SAP R/3 SD-V) verwaltet (siehe Kap. 3.2). Zur Validierung dieser Datenbestände wird in dem Programmsystem WALruhr eine Möglichkeit geschaffen, diese Datenbestände untereinander abzugleichen. Eine automatisierte Anbindung ist aufgrund der dateibasierten Datenhaltung in EZVOR und des nicht vorhandenen direkten Zugriffs auf die SAP-Datenbank nicht bzw. nur mit erhöhtem Aufwand möglich. Da dieser Abgleich nur einmal im Jahr stattfindet, wird er eine händische Komponente besitzen.

Das Programm TAENT berechnet auf Basis der Wasserentnahmedaten aus den Systemen WALruhr und EZVOR Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren für die Kontrollquerschnitte Mündung und Villigst. Da EZVOR-Daten zum Abgleich in der WALruhr-Datenbank vorliegen (s. o.), wird versucht, die Berechnungsfunktion des Programms TAENT in das System WALruhr zu integrieren.

Geographische Datenbestände werden sowohl im Wasserwirtschaftlichen Informationssystem (WWI) als auch im Liegenschafts-Informationssystem (LIS) geführt. Ein Modul des LIS verwaltet die rasterbasierten digitalen topographischen Kartenbestände des Ruhrverbands und bietet diese u. a. über einen Web-Map-Service (WMS) an. Da diese Kartengrundlagen zur Erfassung und Validierung von Lageinformationen der Entnahmestellen benötigt werden, sind die Kartenbestände in den Webservice der

Applikation WALruhr zu integrieren. Aufgrund dieser Lageinformation wurden seinerzeit für das Programmsystem ENNE händisch u. a. die Teileinzugsgebiete ermittelt, in denen die Entnahmestellen liegen, um basierend auf diesen Informationen räumliche Auswertungen durchführen zu können. Da im WWI geographische Datenbestände wie z. B. das Gewässernetz, Teileinzugsgebiete und Gemeindegrenzen digital zur Verfügung stehen, werden Informationen zu einer Entnahmestelle (z. B. die Nummer der Gemeinde oder des Teileinzugsgebietes) zukünftig über eine räumliche Verschneidung der Entnahmestellen aus dem System WALruhr mit dem WWI-Datenbestand ermittelt. Diese Verschneidung kann über einen GIS-Client oder auf Datenbankebene erfolgen (siehe Kap. 5.3).

Dem Ruhrverband-Informationssystem (RIS), das in Kap. 3.2 näher beschrieben ist, werden über die Applikation WALruhr die geforderten Informationen durch das Webmodul zur Verfügung gestellt, da es sich beim RIS um einen Datenkatalog handelt, der u. a. online verfügbare Datenbestände innerhalb des Ruhrverbands verlinkt.

### 5.3 Architektur des Programmsystems WALruhr

Basierend auf dem oben beschriebenen Konzept des Programmsystems und auf der in Kap. 3 beschriebenen Umfeldanalyse wird im Folgenden die Architektur des Systems WALruhr entwickelt.

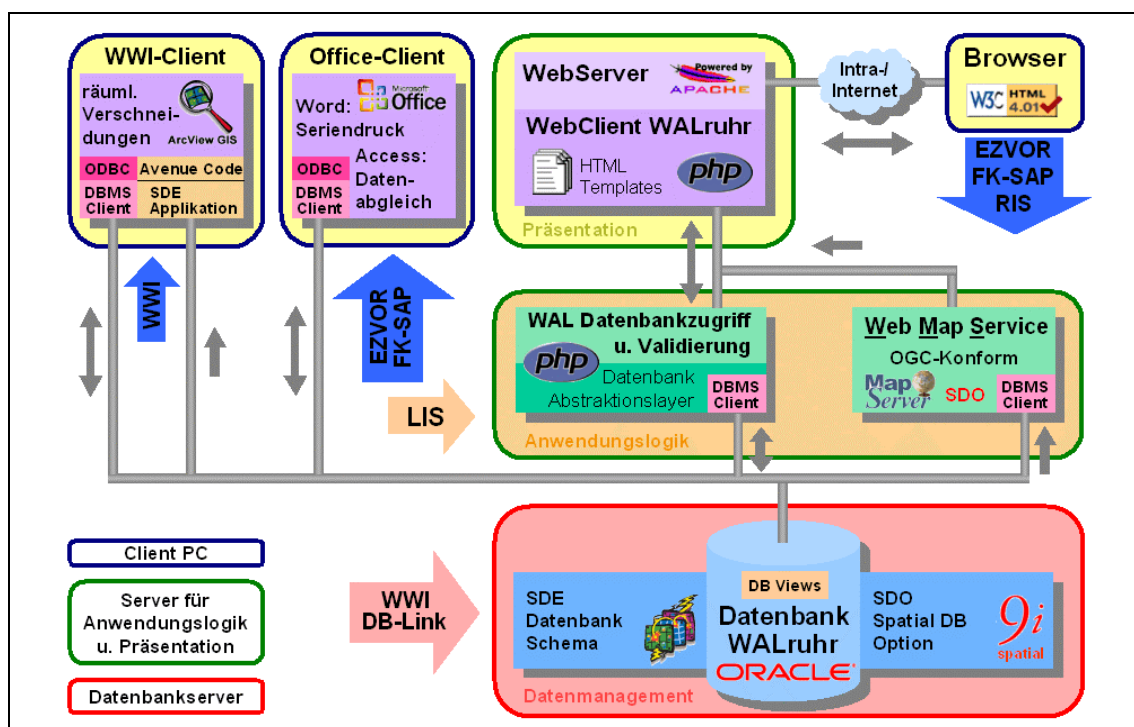


Abb. 5.5: Architektur des Programmsystems WALruhr  
(Vergrößerte Darstellung der Abbildung siehe Anhang C Abb. C1.1)

In diesem Zusammenhang relevante Aspekte wie das soft- und hardwaretechnische Schichtenmodell, die verwendeten Softwarekomponenten, Schnittstellen und Standards sowie die technische Systemintegration werden beschrieben und in Abb. 5.5 visualisiert. Eine Darstellung verschiedener möglicher Architekturen mit ihren Vor- und Nachteilen erfolgt nicht innerhalb dieser Arbeit. Es geht vielmehr darum, entsprechend den Rahmenbedingungen eine optimierte Systemarchitektur zu entwickeln, diese anhand der vorhandenen Systemanforderungen kritisch zu bewerten und mögliche Modifizierungen innerhalb eines Erfahrungsberichtes zu erarbeiten (siehe Kap. 9).

### **5.3.1 Soft- und hardwaretechnisches Schichtenmodell des Systems**

Das softwaretechnische Schichtenmodell des Programmsystems WALruhr ist aufgrund der in Kap. 5.1.1 genannten Vorteile und einer möglichen Öffnung der Applikation durch die Verwendung von offenen Schnittstellen (siehe Kap. 5.1.3) als dreischichtiges System ausgelegt und in die Schichten 'Datenmanagement' (hellroter Hintergrund in Abb. 5.5), 'Anwendungslogik' (hellorange) und 'Präsentation' (hellgelb) unterteilt.

Aus hardwaretechnischer Sicht kommen drei Komponenten zum Einsatz: der Datenbankserver (rot umrandet in Abb. 5.5), der Server für Anwendungslogik und Präsentation (jeweils grün umrandet) sowie entsprechende Client PCs (blau). Der Abb. 5.5 kann die Verteilung der verschiedenen softwaretechnischen Schichten auf unterschiedliche Hardwarekomponenten entnommen werden.

Der WWI-Client und der Office-Client sind direkt mit dem Datenbankserver verbunden und verfügen trotzdem beide aus softwaretechnischer Sicht über eine 'Mittlere Schicht', der WWI-Client in Form von Avenue-Code sowie der SDE-Applikation und der Office-Client – wenn auch nicht so ausgeprägt – über Datenbankviews.

Die Webapplikation des Programmsystems WALruhr (rechte Hälfte der Abb. 5.5) verfügt sowohl über drei Hardwarekomponenten als auch über drei Softwareschichten. Es sei darauf hingewiesen, dass innerhalb dieser Architektur der Client (Browser) nicht die Präsentationslogik beinhaltet, sondern diese serverseitig zu finden ist, wodurch eine Wartung der Software erleichtert wird. Der Browser übernimmt in diesem Zusammenhang die graphische Aufbereitung von HTML-Seiten, die von der Präsentations-Schicht (Server) ausgeliefert wurden.

Durch den komponentenbasierten Aufbau der Applikation ist eine flexible Reaktion auf Erweiterungen gewährleistet. So kann z. B. bei einer hohen Frequentierung des 'Web-Map-Service' dieser auf einen eigenen Server ausgelagert werden oder bei entsprechend starker Nutzung der SDE diese einen eigenen Applikationsserver erhalten (siehe auch Kap. 5.1.2).

### 5.3.2 Softwarekomponenten und Programmierung

Die Datenspeicherung bzw. das **Datenmanagement** der Applikation WALruhr erfolgt – obwohl nicht explizit vom OGC gefordert – aufgrund der Komplexität, des variablen Zugriffs und des verbesserten Managements u. a. von Geoinformationen innerhalb eines Datenbankmanagementsystems (DBMS). Durch die Einbindung von Geodaten in die allgemeine Datenspeicherung werden die Entwicklung verteilter Geoinformations-Infrastrukturen und universell verteilter Anwendungen ermöglicht (vgl. STROBL 2001). Für das Programmsystem WALruhr wurde das DBMS der Firma Oracle ausgewählt (siehe Abb. 5.5 Datenmanagement), weil dieses System mit Hilfe der 'Spatial' Erweiterung Geodaten verwalten kann, und sowohl die 'Spatial Database Engine' der Firma ESRI (siehe auch ESRI Support Center, <http://support.esri.com>) als auch der MapServer der University of Minnesota (UMN) (vgl. VAN DEN EIJNDEN 2004) auf Geodaten innerhalb der Oracle Datenbank zugreifen können. Des Weiteren werden die Geodaten innerhalb von Oracle Spatial OGC-konform abgelegt (siehe Kap. 5.3.3), und die Datenbank steht innerhalb der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie für dieses Projekt zur Verfügung. Der Einsatz des Open-Source DBMS PostGIS und MySQL kommen nicht in Frage, da zwar ein Zugriff seitens des UMN-MapServers gewährleistet wäre, aber die SDE der Firma ESRI diese Systeme nicht unterstützt. Ausführungen zur technischen Realisierung des Datenmanagements innerhalb des Systems WALruhr sind in Kap. 6 zu finden.

Die **Anwendungslogik** der Applikation WALruhr ist innerhalb der Systemarchitektur (siehe Abb. 5.5 hellorangefarbener Hintergrund) an unterschiedlichen Stellen wie in der Datenbank, im WWI-Client und schwerpunktmäßig auf dem Server für Anwendungslogik und Präsentation zu finden. Den Anforderungen des Office-Clients entsprechend werden Daten aus unterschiedlichen Tabellen zusammengeführt und in Views (Abfragen) innerhalb der Datenbank bereitgestellt. Die Datenbankviews beinhalten somit die Anwendungslogik für die Office-Clients, deren Zugriff außer zum Zwecke des Datenabgleichs ausschließlich lesend erfolgt. Die Anwendungslogik im WWI-Client (siehe Abb. 5.5) ist in Form von SDE-Funktionalitäten (siehe auch c) in Abb. 5.3) und Avenue

Code (Programmiersprache unter ArcView) vorhanden. Mit Hilfe der SDE-Funktionalitäten, die z. B. in Form einer Extension für ArcView bereitgestellt werden, können die geographischen Daten aus der WALruhr Datenbank im WWI-Client visualisiert werden. Der als 'Direct Connect' bezeichnete Zugriff (siehe Kap. 5.1.2) wird von vielen ESRI-Produkten unterstützt und soll u. a. auch zur Datenbereitstellung für andere beim Ruhrverband eingesetzte GIS-Clients der ESRI-Produktfamilie dienen. Die Funktionserweiterung des WWI-Clients über in Avenue verfasste Scripte ermöglicht eine automatisierte Verschneidung von Daten aus dem WWI mit den Entnahmestellen aus dem System WALruhr und die anschließende Speicherung der gewonnenen Information darin (siehe Kap. 7.1).

Ein Großteil der Anwendungslogik ist in der Webapplikation des Systems in Form einer PHP-Anwendung und des UMN-MapServers zu finden (siehe Abb. 5.5 Anwendungslogik). Die in PHP programmierte Anwendung dient als Kommunikationslayer zwischen Datenbank und Präsentations-Schicht (vgl. SWEAT 2001) und sorgt dafür, dass zum einen die Daten aus der Datenbank gelesen und der Präsentations-Schicht der Webapplikation zur Verfügung gestellt werden, und zum anderen, dass die über die Weboberfläche eingegebenen Daten validiert und in die Datenbank geschrieben werden (siehe Kap. 7.1). Die Programmierung erfolgte in PHP, weil mit dieser Programmiersprache eine leistungsstarke Sprache für die Entwicklung von 'Web Datenbankapplikationen' zur Verfügung steht (vgl. WILLIAMS und LANE 2000), der PHP-Interpreter innerhalb der verfügbaren Serverkonfiguration enthalten ist und entsprechende Programmierkenntnisse in der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands vorhanden sind.

Mit Hilfe des UMN-MapServers werden die geographischen Daten aus der Datenbank mit entsprechenden Hintergrundkarten für die Weboberfläche aufbereitet (siehe Kap. 7.1). Hierüber wird die Lage der Entnahmestellen visualisiert und eine entsprechende Georeferenzierung angeboten. Der UMN-MapServer wurde für dieses Projekt ausgewählt, da dieser die genannten Anforderungen erfüllt, als Open-Source-Projekt unter der GNU-Public-License veröffentlicht und innerhalb des WALruhr Projektes kostenlos eingesetzt werden kann. Zudem erfüllt er die 'Web-Map-Service' Spezifikationen des OGC (siehe Kap. 5.3.3). Die technische Realisierung einzelner Komponenten der Anwendungslogik wird in Kap. 7 beschrieben.

Die **Präsentations-Schicht** der Applikation WALruhr (siehe Abb. 5.5 hellgelber Hintergrund) besteht aus den Desktop-Komponenten ArcView (WWI-Client) und den Stan-

Standard-Office-Produkten der Firma Microsoft (Office-Client) sowie einer serverseitigen Webapplikation, die clientseitig über einen Browser angesprochen wird. Die Office-Clients dienen der Generierung von Fragebögen bzw. von Anschreiben (Seriendruckfunktion) für die klassische Erfassung der Wasserentnahmedaten und zur jährlichen Datenübernahme der Entnahmedaten aus EZVOR und FK-SAP zum Datenabgleich. Innerhalb des WWI-Clients werden die Daten aus dem System WALruhr mit den im WWI verfügbaren umfangreichen wasserwirtschaftlichen Datenbeständen zusammengeführt. Auf diesem Wege können räumliche Analysen über die entsprechenden Datenbestände erfolgen (siehe Kap. 8.3).

Die Präsentations-Schicht der Webapplikation wird serverseitig in PHP programmiert und mit Hilfe des verfügbaren Apache-Webrowsers als Intra-/Internet-Anwendung über entsprechende Browser angeboten. Über diesen Applikationszweig erfolgen die Datenerfassung, -pflege und -bereitstellung der Wasserentnahmedaten und Stammdaten der Entnehmer (siehe Kap. 8.4).

### **5.3.3 Schnittstellen und Standards**

Durch die Verwendung von offenen Schnittstellen und Standards soll das Programmsystem WALruhr eine möglichst offene Architektur aufweisen und somit eine verteilte Datenverarbeitung unterstützen sowie einen Austausch von Systemkomponenten erleichtern. Im Folgenden werden zentrale Schnittstellen und Standards innerhalb der Architektur vorgestellt.

Die in der Datenbank gespeicherten geographischen Daten werden nach der 'Simple Feature-SQL'-Spezifikation des OGC abgelegt, die u. a. von der eingesetzten Oracle-Datenbank unterstützt wird (siehe auch OGC, <http://www.opengeospatial.org>). Auf die derart gespeicherten geographischen Daten können sowohl die SDE der Firma ESRI als auch der UMN-MapServer zugreifen. Der Zugriff auf die Datenbank erfolgt über die vom 'American National Standards Institute' (ANSI) bzw. der 'International Standardisation Organisation' (ISO) normierten 'Structured Query Language' (SQL), die allgemein in der ISO/IEC 9075 beschrieben ist und eine Erweiterung hinsichtlich der Behandlung von räumlichen Daten durch die vom ISO/TC 211 (Technical committee 211: 'Geographic information/Geomatics') verabschiedeten ISO 19125 erhält (siehe auch ISO, <http://www.iso.org>). Da von verschiedenen Datenbankherstellern neben den entsprechenden Standards proprietäre Erweiterungen implementiert werden, wird innerhalb der Webapplikation von WALruhr zusätzlich ein Datenbank-Abstraktionslayer

verwendet, um eine Datenbankunabhängigkeit des Systems an dieser Stelle zu gewährleisten.

Der Web-Map-Service (WMS) des UMN-MapServers ist sowohl als Server als auch als Client OGC-konform gemäß den 'Web-Map-Service'-Spezifikationen (siehe auch OGC, <http://www.opengeospatial.org>). Somit können Daten anderer OGC-konformer Mapserver integriert und mit applikationseigenen Daten wiederum als OGC-konformer WMS angeboten werden (siehe Kap. 5.3.4).

Der in PHP realisierte WebClient liefert zur Interaktion mit dem Benutzer des Systems WALruhr HTML-Dateien aus, die im Browser des Nutzers unter Verwendung von 'Cascading Style Sheets' (CSS) zur Anzeige gebracht werden. Beide Formate wurden durch das 'World Wide Web Consortium' (W3C) spezifiziert und seitens der Browserhersteller durch proprietäre Sprachelemente erweitert. Um eine möglichst komplikationsfreie Nutzung der Webapplikation durch die einzelnen Entnehmer zu gewährleisten, werden nur HTML- und CSS-Dateien verwendet, die den W3C-Spezifikationen entsprechen (siehe auch W3C, <http://www.w3c.org>).

Die WALruhr-Desktop-Applikationen sind über 'Open Database Connectivity' (ODBC) an die Datenbank angebunden. Mit ODBC stellt Microsoft eine offene Schnittstelle (ODBC API) zur Verfügung, mit deren Hilfe durch die Verwendung spezieller Treiber u. a. datenbankspezifische Programmaufrufe vermieden werden. Innerhalb der Applikation werden ODBC-Funktionen aufgerufen, über die SQL-Anfrage abgesetzt und zurückgelieferte Ergebnisse entgegengenommen. Ein Treibermanager lädt den entsprechenden Datenbanktreiber für die Datenquelle und übergibt die Anfrage an den Treiber, der wiederum die Anfrage an die Datenbank übergibt und den Applikationsaufruf ggf. so modifiziert, dass die Syntax den Erwartungen der Datenquelle entspricht (siehe Abb. 5.6 und vgl. MICROSOFT 2004).

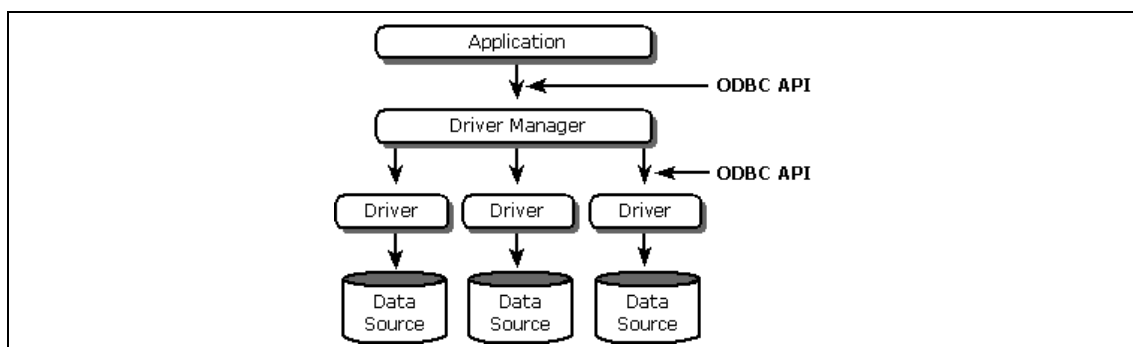


Abb. 5.6: Architektur der 'Open Database Connectivity' (ODBC)  
(Quelle: MICROSOFT 2004)

Bei einem Austausch des Datenbankproduktes muss unter diesen Randbedingungen der Avenue-Programm-Code innerhalb des WWI-Clients nicht angepasst werden. Des Weiteren können Produkte, deren Standardfunktionen innerhalb des WAL-Office-Clients genutzt werden (wie z. B. die Seriendruckfunktion von Word) durch andere Produkte ersetzt werden, die über vergleichbare Funktionen verfügen und die WALruhr-Datenbank über ODBC ansprechen können (z. B. OpenOffice.org, siehe <http://www.openoffice.org>). ODBC wird nicht nur für Windows, sondern auch für UNIX-Plattformen angeboten (siehe 'the unixODBC Project', <http://www.unixodbc.org>).

Der Zugriff über die SDE bietet ebenfalls die Möglichkeit, über eine offene Entwicklungsumgebung (Open Development Environment – ODE) auf Basis einer C API und einer erweiterten SQL API benutzerdefinierte Applikationen zu entwickeln, die den geographischen Datenbestand des Systems nutzen (vgl. RIGAUX et al. 2002).

#### **5.3.4 Technische Systemintegration**

Für die in Kap. 5.2.2 konzeptionell betrachtete Systemintegration werden im Folgenden die in diesem Zusammenhang verwendeten technischen Komponenten skizziert. Eine detaillierte Ausführung zur technischen Realisierung der unterschiedlichen Schichten erfolgt innerhalb der entsprechenden Kap. 6 bis 8.

Aufgrund der in Kap. 5.2.2 beschriebenen technischen Rahmenbedingungen werden aus den Systemen EZVOR und FK-SAP exportierte Daten innerhalb der Datenbank WALruhr gespeichert. Da diese Daten nur zum jährlichen Datenabgleich bzw. zur jährlichen Ermittlung von Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren und nicht zur weiteren Auswertung verwendet werden, kann hier eine redundante Datenhaltung toleriert werden. Die Datenübernahme erfolgt über den Office-Client Microsoft Access (siehe Kap. 8.3), der die entsprechenden Daten über Importfilter einliest und in der WALruhr-Datenbank abspeichert (siehe Abb. 5.5 blauer Pfeil 'EZVOR / FK-SAP'). Der Rückfluss der Informationen über die Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren und des Datenabgleichs erfolgen über die Webapplikation des Systems WAL (siehe Abb. 5.5 blauer Pfeil 'EZVOR / FK-SAP / RIS').

Zur Integration der im WWI verfügbaren wasserwirtschaftlichen Daten werden aufgrund der Entwicklungsarbeiten im Bereich der Datenhaltung des WWI-Systems (von der dateibasierten Datenhaltung hin zur Speicherung in einer Oracle-Datenbank) zwei Lösungsstrategien verfolgt. Zum einen werden die Datenbestände innerhalb des WWI-

Clients automatisiert verschnitten (siehe Abb. 5.5 blauer Pfeil 'WWI') und die Ergebnisse anschließend in der WALruhr Datenbank gespeichert; hierbei werden der derzeitige Entwicklungsstand des WWI abgedeckt und die dateibasierten Daten (ESRI shapefiles) innerhalb des WWI berücksichtigt (siehe Kap. 7.3.1). Zum anderen werden nach der Umstellung des WWI-Systems auf eine datenbankbasierte Datenhaltung die geographischen Datenbestände serverseitig auf Datenbankebene verschnitten (siehe Abb. 5.5 hellroter Pfeil 'WWI DB-Link'). Die dazu erforderliche Kopplung der Datenbanken erfolgt über einen 'Datenbank-Link' (siehe Kap. 6.4.3).

Die zur graphischen Darstellung der Entnahmestellen benötigten Hintergrundkarten werden beim Ruhrverband zentral verwaltet und entsprechend digital vorgehalten. Der Zugriff auf diese Kartenbestände kann u. a. über einen Web-Map-Service (WMS) erfolgen, der über den ArcIMS des Zentralbereichs Liegenschaften, Forsten und Ökologie des Ruhrverbands angeboten wird (siehe Abb. 5.5 hellorangefarbener Pfeil 'LIS'). Dieser Web-Map-Service wird als Layer innerhalb des UMN-MapServers der Applikation WALruhr, der die Entnahmestellen sowie Hintergrundkarten wiederum als WMS anbietet, eingebunden (siehe Kap. 7.4).

Geforderte Daten können dem Ruhrverband-Informationssystem sowohl über einen Datenbankzugriff als auch über die Webapplikation des Programmsystems WALruhr zur Verfügung gestellt werden. Da es sich beim RIS um einen webbasierten Datenkatalog handelt, der online verfügbare Datenbestände verlinkt, wird die letztere Variante bevorzugt (siehe Abb. 5.5 blauer Pfeil 'EZVOR / FK-SAP / RIS').

---

## 6 Datenmanagement

Die Datenmanagement-Schicht dient als Grundlage einer dreischichtigen datenbankbasierten Applikation der Verwaltung von Daten innerhalb einer Anwendung. Zu den Aufgaben dieser Schicht zählen u. a. das Speichern, Abrufen, Verändern und Löschen von Daten, die Regelung des gleichzeitigen Zugriffs von mehreren Prozessen, die Datenintegrität sowie Sekundärdienste wie z. B. die Datensicherung (vgl. WILLIAMS und LANE 2000). Im Folgenden werden das Konzept dieser Schicht innerhalb der Systemarchitektur WALruhr vorgestellt, technologische Grundlagen erläutert, der Datenbankentwurf dokumentiert und Besonderheiten bei der Implementierung aufgezeigt.

### 6.1 Konzept

Innerhalb des Kap. 5.3.2 wurde bereits ein Rahmenkonzept für die Datenmanagement-Schicht definiert, dessen technologische Hintergründe u. a. in Kap. 6.2 näher ausgeführt werden. Im vorliegenden Kapitel werden Detailkonzepte zum Funktionsumfang der Datenmanagement-Schicht und zur Datensicherung vorgestellt.

Der Funktionsumfang einer Schicht hängt von der konkreten Implementierung ab und beschränkt sich für die Datenmanagement-Schicht typischerweise auf das Speichern und Bereitstellen von Daten (vgl. LONLEY und THERIAULT 2002). Diese Aussage gilt aus der Perspektive der darüber liegenden Schicht, nicht aber als Maßgabe für den Funktionsumfang des eingesetzten Datenbankmanagementsystems (DBMS), mit dessen Hilfe die Aufgaben der Datenmanagement-Schicht bewältigt werden. Das DBMS bietet Basisfunktionen an wie u. a. die Regelung eines Mehrbenutzerzugriffs, die Sicherstellung der Datenintegrität sowie Sicherungsmechanismen, die standardmäßig genutzt werden. Darüber hinaus – und das ist eine Frage der konkreten Implementierung – können sowohl weitere Funktionen des DBMS, wie z. B. räumliche Funktionen, als auch eigene Funktionen angewendet werden. Welche Aufgaben ein DBMS innerhalb einer Applikation übernimmt, muss innerhalb der Systemarchitektur festgelegt werden. Es ist dabei durchaus möglich, dass auch die Anwendungslogik innerhalb einer Datenbank angesiedelt wird.

Im Fall der Applikation WALruhr wurden die Aufgaben der Datenmanagement-Schicht innerhalb der Systemarchitektur definiert (siehe Kap. 5.3.2); sie beschränken sich auf die Datenverwaltung des Systems und das Angebot von Datenbank-Views. Die Datenverwaltung umfasst dabei sowohl die Wasserentnahmedaten, Stammdaten und weitere

Daten in diesem Kontext als auch Daten zur Steuerung der Weboberfläche wie z. B. Informationen über die Menüstruktur und zur Realisierung der Weboberfläche wie Daten zur Benutzerauthentifizierung. Da neben alphanumerischen Daten auch geographische Daten mit dem System verwaltet werden, kommen neben den Basisfunktionen des DBMS (Oracle) auch die Funktionen der 'räumlichen' Datenbankerweiterung (Oracle Spatial bzw. Locator) zum Einsatz. Weiterhin werden Trigger (Prozeduren) eingesetzt, mit deren Hilfe u. a. IDs erzeugt und eingetragene Koordinaten entsprechend umgerechnet werden (siehe Kap. 6.4.1). Die Koordinatenumrechnung ist notwendig, da sich das Einzugsgebiet der Ruhr über zwei Meridianstreifen (zweiter und dritter Meridianstreifen) erstreckt, und Koordinatenangaben neben den originären Angaben einheitlich im dritten Streifen vorgehalten werden sollen. Datenbank-Views stellen definierte Sichten auf die Daten zur Verfügung (siehe Kap. 6.4.1), die einen Zugriff auf den Datenbestand wesentlich erleichtern.

Um Produkten der Firma ESRI über 'Direct Connect' (siehe Kap. 5.1.2) einen Zugriff auf den 'räumlichen' Datenbestand der Applikation zu ermöglichen, wird innerhalb der Datenbank WALruhr neben dem systemeigenen Datenbankschema das Schema der SDE angelegt (siehe Kap. 6.4.1). Die Integration des Wasserwirtschaftlichen Informationssystems (WWI) erfolgt, wie in Kap. 5.3.4 beschrieben, unter Verwendung von Datenbankfunktionen innerhalb der Oracle-Datenbank. Die technische Ausführung der Systemintegration wird in Kap. 6.4.3 näher ausgeführt.

Die Sicherung der Datenbank erfolgt täglich außerhalb der üblichen Dienstzeit automatisiert durch einen Backup-Server (siehe Kap. 3.3), der die Produktiv-Datenbank spiegelt, betriebsbereit vorhält und bei einem Ausfall des Produktivsystems den Datenbankbetrieb übernehmen kann. Zentrale SQL-Anweisungen der Webapplikation an die Datenbank werden außerhalb der entsprechenden Server in Dateien protokolliert (siehe Kap. 7.3.2), damit ein eventuell entstandener Datenverlust ausgeglichen werden kann, und Daten der betroffenen Entnehmer nicht erneut abgefragt werden müssen. Im Rahmen dieser Arbeit werden vorhandene Sicherungsstrategien genutzt und den Ansprüchen der Applikation WALruhr angepasst, ohne sie jedoch neu zu konzipieren. Die Datensicherheit wird über eine Benutzerverwaltung auf Datenbank- und Applikationsebene gewährleistet. Auf Datenbankebene werden hierzu entsprechende Benutzer und Rollen angelegt.

## 6.2 Technologische Grundlagen

Technologien, die innerhalb dieser Schicht zum Einsatz kommen und von zentraler Bedeutung sind, werden im Weiteren vorgestellt. Dazu zählen Datenbanken im Allgemeinen, die räumlichen Datenbanken im Besonderen sowie verwendete Produkte der Firmen ESRI und Oracle.

### 6.2.1 Datenbanken

Die Anforderungen an die Verarbeitung von Daten sind gestiegen (siehe Kap. 5.3.2) und gehen weit über die Leistungsfähigkeit von Dateisystemen hinaus. Dieser Trend hat zur Entwicklung von Datenbanksystemen (DBS) geführt, die aus einem Datenbankmanagementsystem (DBMS) und (mehreren) Datenbanken (DB) bestehen (siehe Abb. 6.1). Datenbankmanagementsysteme dienen als Schnittstelle zwischen Datenbanken und Anwendern und gewährleisten unter zentralisierter Kontrolle einen effizienten Zugriff auf die Daten. Datenbanken repräsentieren einen vereinfachten und schematisierten Ausschnitt aus der realen Welt in Form einer strukturierten Sammlung von Daten. Diese Daten stehen dabei unter logischen Gesichtspunkten miteinander in Beziehung. An Datenbanksysteme werden u. a. folgende Anforderungen gestellt: Unabhängigkeit der Daten, Redundanzfreiheit, Datenintegrität, Datensicherheit, Datenschutz, Flexibilität bezüglich der Datenauswertung, Mehrbenutzerzugriff, optimiertes Antwortverhalten und Einhaltung von Standards (vgl. DE LANGE 2002).

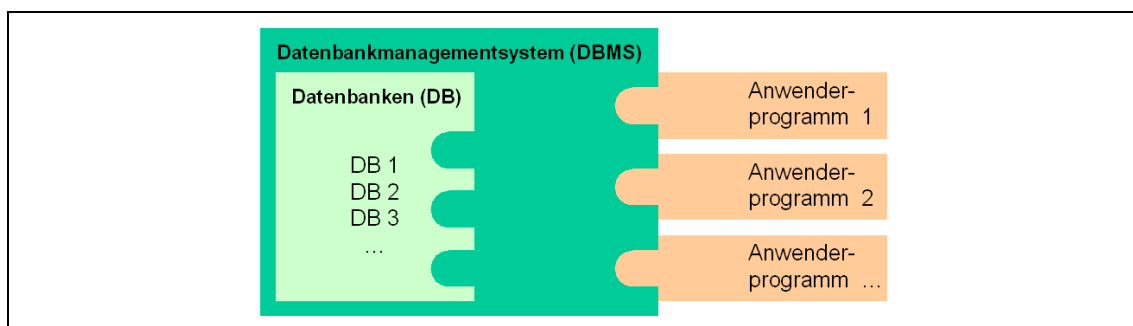


Abb. 6.1: Aufbau eines Datenbanksystems

(Quelle: modifiziert nach BARTELME 2000 und DE LANGE 2002)

### 6.2.2 Räumliche Datenbanken

Datenbanken repräsentieren einen Ausschnitt der realen Welt, dazu gehören auch geographische Daten wie z. B. Gewässerverläufe, hydrologische Teileinzugsgebiete oder die Lage von Entnahmestellen. Bisher wurden geographische Daten mit ihren deskriptiven alphanumerischen Werten von Geographischen Informationssystemen (GI-Systemen) innerhalb eines Dateisystems abgelegt und verwaltet. Hierbei entstan-

den u. a. Probleme bezüglich der Datenunabhängigkeit, Datensicherheit und des konkurrierenden Zugriffs. Einige GI-Systeme verfolgen daher den Ansatz des getrennten Managements von räumlichen und deskriptiven Daten; dabei werden die alphanumerischen Daten mit einem DBMS und die räumlichen Daten (kurz Geodaten) mit einem speziellen Modul des GI-Systems verwaltet. Bei diesem Ansatz wird die Koexistenz verschiedener Datenmodelle toleriert, wodurch die Datenmodellierung und -integration erschwert wird, und Datenbankfunktionalitäten wie Abfragen, Sicherung und Optimierung verloren gehen. Vor diesem Hintergrund wuchs das Interesse, Datenbanksysteme so zu erweitern, dass sie geographische Daten verwalten können. Hierzu mussten die Abfragesprache SQL um Sprachelemente zur Manipulation von räumlichen Daten erweitert, neue geographische Datentypen wie Punkte, Linien und Polygone innerhalb der Datenbank zur Verfügung gestellt und Datenbankfunktionen wie z. B. die Abfrageoptimierung so angepasst werden, dass räumliche Datenbestände effektiv verwaltet werden können (vgl. RIGAUX et al. 2002).

Bei der Erweiterung von Datenbanken um geographische Datentypen und Datenbankfunktionen sowie der Abfragesprache SQL sind verschiedenste Ansätze denkbar. Damit eine Interoperabilität der Systeme gewährleistet ist, wurden unter der Schirmherrschaft der ISO und des OGC-Standards in Bezug auf die geographischen Datentypen und Datenbankfunktionen sowie die Abfragesprache SQL definiert. Innerhalb von SQL wurden räumliche Datentypen und Funktionen als Teil der Multimedia-Erweiterung (SQL/MM) beschrieben (siehe auch ISO, <http://www.iso.org> 'ISO 13249-3'). So stehen mit der aktuellen SQL-Version Sprachelemente wie das Anlegen, Verändern und Löschen (create, alter and delete) sowie das Abfragen (select) von Daten auch für räumliche Daten zu Verfügung (vgl. LONGLEY et al. 2001).

Die Basis geographischer Datentypen und Datenbankfunktionen wurden durch die 'Simple Features Specification – for SQL' (SFS) des OGC (vgl. OPEN GIS CONSORTIUM 1999) definiert. Abb. 6.2 zeigt die Klassenhierarchie des Datentyps 'Geometrie', das die Wurzel bildet und ein räumliches Referenzsystem in Form eines Koordinatensystems sowie einer Projektion besitzt. Klassen wie 'Punkt' oder 'Kurve' sind Untertypen der Klasse 'Geometrie' und stehen, wie in Abb. 6.2 dargestellt, miteinander in Beziehung. Im Zusammenhang mit dem SFS-Standard gibt es neun Datenbankfunktionen, mit denen räumliche Beziehungen zwischen Geometrieobjekten getestet werden können. Jede benötigt zwei Geometrien und liefert nach einer Überprüfung mit einer gestellten Bedingung wie z. B. 'liegt innerhalb' ein 'wahr' oder 'falsch' zurück. Sieben Funktionen unterstützen räumliche Analysen von Geometrien (vgl.

OPEN GIS CONSORTIUM 1999), 'Distanz' liefert z. B. die kürzeste Strecke aller Punkte zweier Geometrien zurück (vgl. LONGLEY et al. 2001).

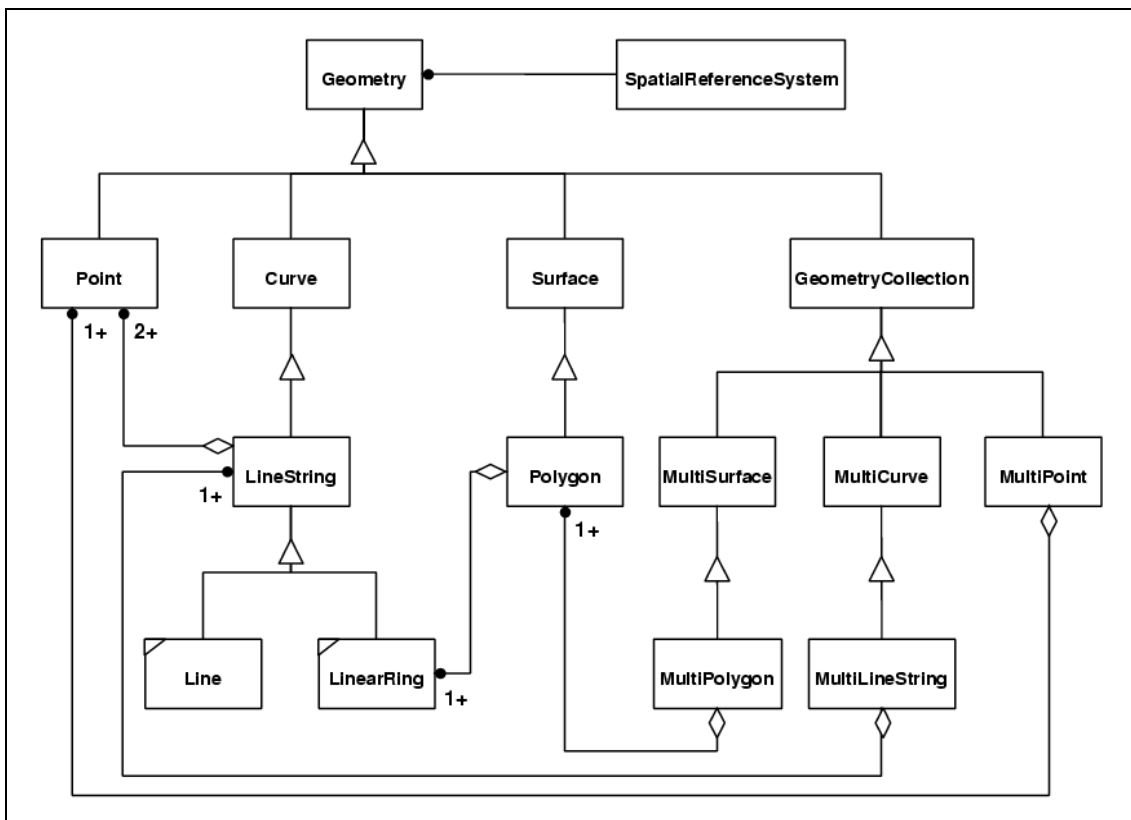


Abb. 6.2: Klassenhierarchie der Geometrie-Objekte  
(Quelle: OPEN GIS CONSORTIUM 1999)

Seit 2001 bieten u. a. drei kommerzielle Datenbankanbieter räumliche Erweiterungen für ihre Datenbanksysteme an: IBM DB2 Spatial Extender, Informix Spatial Datablade und Oracle Spatial Option. Auch wenn sich diese Produkte aus technologischer Sicht unterscheiden, bieten alle die Möglichkeit, räumliche Daten zu speichern, zu verwalten und abzufragen. Dabei ersetzen die räumlichen Datenbankerweiterungen nicht die Geographischen Informationssysteme, da sich die Datenbankerweiterungen auf das Datenmanagement (Speichern, Indizieren, Abfragen und Sicherheit) konzentrieren und keine GIS-Funktionalitäten wie geographisches Editieren, räumliche Analyse und kartographische Funktionen bieten (vgl. LONGLEY et al. 2001).

### 6.2.3 Oracle Locator/Spatial und Esri Spatial Database Engine

Im Folgenden werden die Produkte Oracle 'Locator' und 'Spatial' sowie die 'Spatial Database Engine' (SDE) der Firma ESRI vorgestellt, da diese bei der Entwicklung der Datenmanagement-Schicht der Applikation WALruhr von zentraler Bedeutung sind.

Die Oracle-Datenbank ist seit der Version 9i eine 'räumliche' Datenbank in o. g. Sinn und wird in den Ausführungen 'Standard Edition' und 'Enterprise Edition' angeboten. In der 'Enterprise Edition' steht der gesamte Funktionsumfang der räumlichen Datenbankerweiterung **Oracle Spatial** zur Verfügung, während die 'Standard Edition' einen Teil des Funktionsumfangs von Oracle Spatial unter der Bezeichnung **Oracle Locator** (innerhalb der Erweiterung Oracle interMedia) bereithält (vgl. ORACLE 2002a Appendix C). Mit der 'räumlichen' Erweiterung der Datenbank existiert der Datentyp SDO\_GEOMETRY zur Koordinatenspeicherung von Geometrieobjekten (vgl. ORACLE 2003 und FRANCICA 2003) neben den traditionellen Datentypen wie z. B. VARCHAR für Zeichenfolgen oder DATE für Datumsangaben.

Der **Oracle Locator** wurde zur Verwaltung von Geometrieobjekten entwickelt, die mit GIS-Produkten weiterer Hersteller verarbeitet und in der Datenbank gespeichert werden. Darüber hinaus bietet der Locator Basisfunktionen und -dienste, die u. a. innerhalb von Internetapplikationen angewendet werden können. **Oracle Spatial** hingegen bietet umfangreiche räumliche Funktionen (wie Puffer oder Ermittlung des Schwerpunktes einer Fläche), räumliche Aggregation, Versionierung und Transformation von Koordinatensystemen. Diese komplexen Funktionen versetzen den Entwickler in die Lage, umfassende GIS-Funktionalitäten innerhalb des Datenbankservers zu implementieren. Sowohl Oracle Spatial als auch Oracle Locator sind nicht für Endnutzer, sondern für Applikationsentwickler konzipiert (vgl. ORACLE 2002a und FRANCICA 2003).

Die **Spatial Database Engine (SDE)** der Firma ESRI fungiert als Schnittstelle zwischen ESRI GIS-Produkten (z. B. ArcGIS, ArcIMS und ArcView) und Datenbanken der Hersteller IBM, Microsoft und Oracle (siehe Kap. 5.1.2). Durch die SDE wird eine Nutzung von GIS-Funktionalitäten bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Vorteile einer Datenspeicherung innerhalb von Datenbanken ermöglicht. Dabei werden die Zugriffe auf die entsprechenden Datenbanken durch die SDE vereinheitlicht, wodurch die Datenbankprodukte untereinander ausgetauscht werden können. Zudem bietet die SDE u. a. Funktionen wie einen schreibenden Mehrbenutzerzugriff auf Geodaten, die Unterstützung bei der Modellierung komplexer Datenmodelle, die Nutzung von langen Transaktionen sowie Versionierung und die Integration von Geodaten und deskriptiven Daten. Damit schlägt die SDE eine Brücke zwischen den Funktionalitäten der GIS-Clients und der räumlichen Datenbanken (vgl. ESRI 2004b).

### 6.3 Datenbankentwurf

Im weiteren Verlauf wird der Entwurf der WALruhr Datenbank dokumentiert, wobei zunächst die Vorgehensweise beschrieben und anschließend das konkrete Datenmodell näher erläutert wird.

#### 6.3.1 Vorgehensweise

Mit der Idee bzw. dem Auftrag, ein Informationssystem zu entwickeln, wird ein Prozess in Gang gesetzt, der aus einer Reihe von Tätigkeiten besteht und Zwischenresultate erzeugt, die sich aufgrund von logischen und zeitlichen Abhängigkeiten verschiedenen Phasen zuordnen lassen. In Abb. 6.3 (a) ist ein klassisches Phasenmodell abgebildet, in dem Tätigkeiten eingerahmt und Zwischenresultate, welche an die nächste Phase übergeben werden, als Pfeile dargestellt sind. Das Phasenmodell wird auch als 'Software-Life-Cycle' bezeichnet, was zum Ausdruck bringen soll, dass ein Endprodukt bei der Nutzung in der Regel neue Anforderungen aufwirft, die den Prozess erneut anstoßen (MATTHIESSEN und UNTERSTEIN 2000).

Die Entwicklung des Programmsystems WALruhr folgt einem solchen Phasenmodell. Am Anfang stand das Problem bzw. die Aufgabe 'Entwicklung eines Informationssystems zur Verwaltung und räumlichen Analyse von Wasserentnahmedaten' (siehe Kap. 1). Im Anschluss daran folgten bzw. folgen eine Umfeldanalyse (Kap. 3), die Anforderungsdefinition (Kap. 4), der Systementwurf (Kap. 5) und die jeweiligen Spezifikationen sowie Implementierungen (Kap. 6 bis 8). Das vorläufige Produkt wird abschließend überprüft, um daraus möglicherweise neue Anforderungen zu definieren, die wiederum ein Projekt anstoßen können (Kap. 9).

Das klassische Modell in Abb. 6.3 (a) stellt die Idealform eines Projektes dar, das in der Praxis in dieser linearen Ausprägung kaum zu finden ist. Daher wurden Modifikationen an dem Phasenmodell durchgeführt, die durch rückwärts gerichtete Pfeile oder eine Spiralförmigkeit iterative Prozesse innerhalb eines solchen Phasenmodells hervorheben sollen (vgl. BEHR 1998). Bei komplexeren Projekten wie der Entwicklung einer Datenbankapplikation existieren auch parallel verlaufende Phasen wie Datenbank- und Anwendungsentwurf. In Abb. 6.3 (b) sind diese im 'modifizierten Phasenmodell' dargestellt (vgl. MATTHIESSEN und UNTERSTEIN 2000).

Die Entwicklung der Applikation WALruhr und insbesondere der in Kap. 6 bis 8 ausgeführten Komponenten folgen dem modifizierten Phasenmodell mit iterativen Entwick-

lungsprozessen. Modifikationen an einem Modul der Applikation WALruhr wirken sich während der Entwicklungsphase auf andere Prozesse aus, die eine entsprechende Anpassung erfahren müssen. Für den Datenbankentwurf hat das die Konsequenz, dass das entworfene Datenmodell an die geänderten Anforderungen der anderen Schichten u. U. angepasst werden muss.

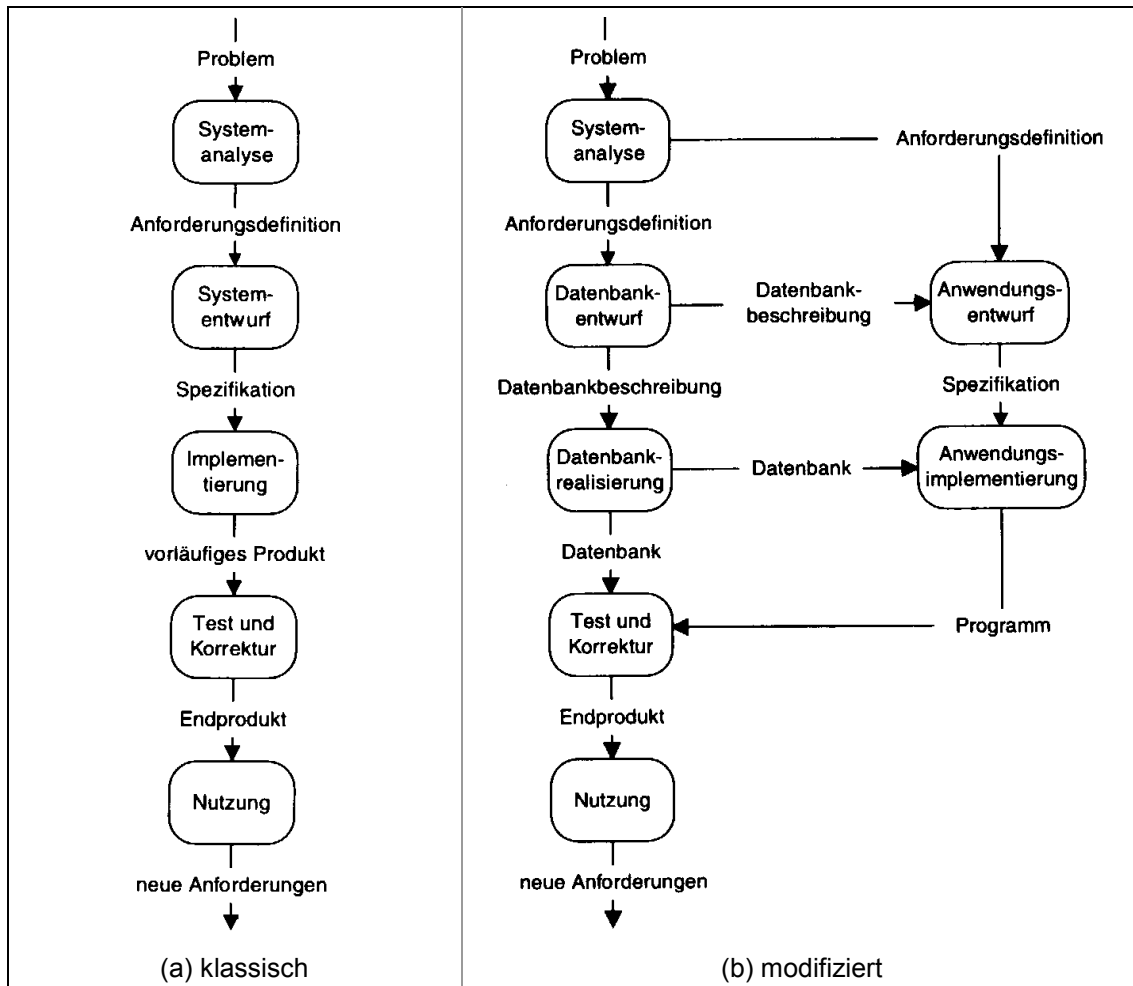


Abb. 6.3: Klassisches und modifiziertes Phasenmodell der Softwareentwicklung  
(Quelle: MATTHIESSEN und UNTERSTEIN 2000)

### 6.3.2 Datenmodell

Zentraler Baustein der Datenmanagement-Schicht ist das Datenmodell (siehe Abb. 6.4), auf dessen Grundlage die Datenbank und die Applikation realisiert werden. Die Modellierung und Darstellung des Datenmodells erfolgte mit Microsoft 'Visio' und basiert auf CHEN (1976). Zur Illustration des Entity-Relationship-Diagramms (ERD) (siehe Abb. 6.4) wird eine modifizierte Darstellungsform (relationale Notation mit sog. 'Krähenfußdarstellung') aus Microsoft 'Visio' verwendet, mit dessen Hilfe u. a. auch Attribute visualisiert werden können. Die Modellierung der Datenbank erfolgte unter



(WA) sowie **'System'** (SY) zur Steuerung oder Realisierung der Applikation WALruhr dienen. Der Bereich **'FK-Daten'** (FK) hält – zum Datenabgleich – die Daten des 'Zentralbereich Finanzen' des Ruhrverbands redundant vor. Im Abschnitt **'DB-Link'** (DL) sind die Tabellen der WWI-Datenbank dargestellt, die über einen Datenbanklink (siehe auch Kap. 6.4.3) in die WALruhr-Datenbank integriert wurden. Im Folgenden werden die einzelnen Bereiche kurz skizziert und Besonderheiten aufgezeigt.

Die Wasserentnahmedaten werden im Bereich **'Entnahmedaten'** unterteilt nach 'Tagesmeldungen' und 'Jahresmeldungen' vorgehalten (siehe auch Kap. 3.1.1 und 3.1.2). Die zentralen Tabellen für die Jahresmeldungen sind zum einen 'ENTNAHME\_JAHR', in der allgemeine Angaben aus dem jährlich erfassten Fragebogen gespeichert werden, wie z. B. die maximale Tagesentnahme 'ENT\_MAX\_TAG\_M3D' oder Kühlwasserart 'C2\_ART\_ID' (siehe auch Anhang A1, Abb. A1.2), und zum anderen 'ENTNAHME\_MONAT' mit den konkreten Entnahmemengen der einzelnen Monate und Entnahmeklassen in dem entsprechenden Jahr. Die Entnahmeklassen werden nicht weiter normalisiert, da diese nicht im Sinne einer Reihe (D, E, F...) einfach erweitert werden, und somit pro Jahr und Entnahmestelle nur zwölf Datensätze angelegt werden. Zentrale Tabellen der Tagesmeldungen sind die Tabellen 'ENTNAHME\_TAG' mit den konkreten Entnahmedaten und die Tabelle 'ENTNAHME\_TAG\_TAGESINFO' mit Informationen zu jedem Tag wie der maximalen Temperatur und den für den Tag gültigen Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren. Zu den Entnahmemengen wird neben dem Datum über eine Triggerfunktion (siehe Kap. 6.4.1) jeweils das entsprechende Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) gespeichert, um die Auswertung der Entnahmedaten nach Kalender- und Wasserwirtschaftsjahr zu vereinfachen. Weitere Tabellen in diesem Bereich beinhalten eine textliche Aufschlüsselung von Zahlenwerten, wie z. B. die Zahl 12, die für den Monat Dezember steht. Die Tabelle 'ENTNAHME\_TAG' beinhaltet die Entnahmemengen der großen Wasserentnehmer; da diese Daten täglich für einen Entnahmeort gemeldet werden, steht diese Tabelle in Beziehung zur Tabelle 'ENTNAHMEORTE'. Die Monatswerte werden jährlich pro Entnahmestelle erfasst, daher steht die Tabelle 'ENTNAHME\_JAHR' mit der Tabelle 'ENTNAHMESTELLE' in Beziehung.

Im Bereich **'Stammdaten'** befinden sich drei Tabellen, die Daten zu den 'ENTNEHMERN', 'ENTNAHMEORTEN' und 'ENTNAHMESTELLEN' beinhalten. Ein Entnehmer ist eine (juristische) Person, die über einen Wasserrechtsantrag das Recht erlangt hat, Wasser aus dem Einzugsgebiet der Ruhr zu entnehmen. Der Entnahmeort ist der Bereich oder das Betriebsgelände, in dem durch eine oder mehrere Entnahme-

stellen Wasser entnommen wird. Der Entnahmeort verfügt in der Regel über eine Adresse, die u. U. mit der Anschrift des Entnehmers übereinstimmen kann. Durch die zentrale Verwaltung der Adressen in der Tabelle 'ADRESSDATEN' kann hier auf den gleichen Eintrag verwiesen werden. Eine Entnahmestelle gehört immer zu einem Entnahmeort und beschreibt konkret den Brunnen oder das Einlaufbauwerk, mit dessen Hilfe Wasser entnommen wird. Da die Fragebögen zu den Entnahmestellen nicht zwangsläufig dem Entnehmer, sondern durchaus auch einem Betriebsleiter eines Entnahmeortes zur Beantwortung gesandt werden, besteht die Möglichkeit, alle Fragebögen eines Entnahmeortes zu jeder beliebigen Adresse zu senden ('FRAGEBOGEN\_ADRESS\_ID'). Entnahmeorte können ihren Besitzer wechseln; aus diesem Grund wurde die Tabelle 'ENTNEHMER\_ENTNAHMEORT' eingeführt, die diese Beziehung abbildet. Über die Attribute 'GUELTIG\_VON' und 'GUELTIG\_BIS' wird der Besitz- bzw. Zugehörigkeits-Zeitraum beschrieben. So kann eine entnehmerbezogene Auswertung über einen größeren Zeitraum erfolgen. Der Wechsel einer Entnahmestelle zu einem anderen Entnahmeort ist nicht vorgesehen und nicht praxisrelevant, da Entnahmeorte in der Regel räumlich voneinander getrennt sind. Die Tabelle 'FRAGEBOGENAKTION' dient der Kontrolle des Rücklaufs der jährlich versandten Fragebögen. Die Tabellen 'ENTNEHMER\_GRUPPE' und 'ENTNAHMESTELLE\_ART' beinhalten die textliche Aufschlüsselung von Zahlenwerten.

Der Bereich '**Wasserrecht**' enthält Wasserrechtsdaten wie z. B. die maximal erlaubte Entnahme in Liter pro Sekunde ('ENTM\_LS') oder in Kubikmeter pro Jahr ('ENTM\_M3A') sowie Informationen über die Personen, die den Antrag gestellt bzw. genehmigt haben. Die Adressdaten dieser Personen werden wieder zentral über die Tabelle 'Adressdaten' verwaltet. Da sich die Informationen zu einem Wasserecht ändern können, werden diese Daten in verschiedenen Wasserrechtsstammblätttern ('WASSERRECHTSB') geführt, die jeweils einem Wasserecht in der Tabelle 'WASSERRECHT' zugeordnet sind. Die Gültigkeit eines Stammblatte wird über die Felder 'GUELTIG\_VON' und 'GUELTIG\_BIS' gesteuert. Ein Wasserecht verfügt über eine eindeutige Archivnummer und kann mehrere Entnahmestellen umfassen.

Der Bereich '**GIS-Daten**' umfasst die Tabellen mit geographischen Daten, in deren Zentrum sich die Tabelle 'GEOPUNKT' befindet, die in erster Linie die Lagebeschreibung der Entnahmestellen enthält. In die Datenbank eingetragene Koordinaten ('GK\_X' und 'GK\_Y') werden mit Hilfe einer Triggerfunktion (siehe Kap. 6.4.1) in den originären Meridianstreifen ('GK\_X\_OS' und 'GK\_Y\_OS') sowie den dritten Meridianstreifen

umgerechnet und als Geometrieobjekte (siehe Abb. 6.4 Tabelle 'GEOPUNKT', Attribut 'SHAPE') gespeichert. Neben dieser Lagebeschreibung werden Informationen wie Teileinzugsgebietsnummer, Gewässernummer, -name, -stationierung und Blattschnittnummer vorgehalten. Diese Daten wurden früher händisch ermittelt und eingepflegt; sie werden hier zunächst in Datenbankfeldern mit der Erweiterung '\_EINGABE' vorgehalten. Im Programmsystem WALruhr erfolgt die Bestimmung der geographischen Informationen mit zwei verschiedenen Ansätzen (siehe Kap. 5.3.4): Zum einen werden die benötigten Daten (Blattschnitte, Gewässerdaten u. a.) aus unterschiedlichen Systemen (z. B. WALruhr und WWI) in einem GIS-Client zusammengeführt, verschnitten und die Ergebnisse in der Tabelle 'GEOPUNKT' gespeichert (siehe Abb. 7.1). Zum anderen werden die entsprechenden Datenbestände auf Datenbankebene verlinkt und mit Hilfe von SQL-Abfragen räumlich analysiert bzw. verknüpft. Die Darstellung der räumlichen Verbindung von Daten im ER-Diagramm erfolgt wie bei einer Schlüsselfeld-Beziehung, da sich im 'where-Teil' der Abfrage nur die gewählte Funktion ändert (siehe Kap. 6.4.3). Die 'BLATTSCHNITTE' werden direkt in der WALruhr Datenbank gespeichert, da diese Informationen über andere Systeme nicht zur Verfügung stehen und in der Applikation WALruhr derzeit noch benötigt werden. Die Tabelle 'BLATTSCHNITT\_KARTENART' enthält die textliche Aufschlüsselung der Kartenart (z. B. 1=DGK5, Deutsche Grundkarte 1:5000).

Der Bereich '**DB-Link**' umfasst die Tabellen, die über eine Datenbankverbindung aus der WWI-Datenbank in die des Systems WALruhr eingebunden wurden bzw. nach abgeschlossener Umstellung des WWI auf eine datenbankbasierte Verwaltung der Geometriedaten eingebunden werden (siehe Kap. 5.3.4). Damit stehen für eine Entnahmestelle über eine räumliche Verknüpfung Informationen über 'GEWAESSER', 'TEILEINZUGSGEBIET' und 'GEMEINDE' zur Verfügung.

Weitergehende Informationen zum Programmsystem werden im Bereich '**Applikation**' gespeichert. So beinhaltet die Tabelle 'WALWWJ' den Status der verwalteten Wasserwirtschaftsjahre ('in Bearbeitung', 'abgeschlossen', 'freigegeben'), mit dessen Hilfe Datenbankabfragen gesteuert bzw. eingeschränkt werden können. Die Tabelle 'HILFE' repräsentiert keine ausmodellerte Fassung eines Hilfesystems, sondern bietet vielmehr die Möglichkeit, Anweisungen, Erklärungen oder Hinweise zu speichern und als Hilfestellung anzubieten. 'FELDBESCHREIBUNGEN' werden gespeichert, um Spaltenbezeichnungen wie z. B. 'ENT\_C2\_M3M' aufzuschlüsseln bzw. zur Darstellung in einer Oberfläche übersetzen zu können (siehe Tab. 6.1).

<b>TABELLE</b>	ENTNAHME_MONAT
<b>FELD</b>	ENT_C2_M3M
<b>ALIAS</b>	Entnahmeklasse C2
<b>BESCHREIBUNG_KURZ</b>	Entnahmen der Klasse C2 in m <sup>3</sup> pro Monat
<b>BESCHREIBUNG_LANG</b>	Entnahme zu Kühlzwecken im Einzugsgebiet der Ruhr

Tab. 6.1: Beispieldatensatz einer Feldbeschreibung

Die 'METADATEN' im System WALruhr wurden gemäß den Vorgaben des 'Ruhrverband-Information-Systems' (RIS) implementiert und folgen aus diesem Grund keinem allgemeingültigen Standard wie z. B. dem 'Content Standard for Digital Geospatial Metadata' (CSDGM) des 'Federal Geographic Data Committee' (FGDC, <http://www.fgdc.gov>) oder dem Standard der 'Dublin Core Metadata Initiative' (DCMI, <http://www.dublincore.org>).

Für die '**Web-Applikation**' werden innerhalb der Datenbank die Tabellen 'MENUE' und 'AUTHENTIFIZIERUNG' vorgehalten. Die Tabelle 'MENUE' dient der Generierung der Menüeinträge in der Webapplikation und der Festlegung der Anforderungen an die Benutzerrechte für diese Einträge. Da die Zugriffe der Webapplikation auf die Datenbank über die Anwendungslogik erfolgen, werden für diese Schicht in der Regel zwei Benutzer (lesen/schreiben) auf Datenbankebene angelegt (vgl. WILLIAMS und LANE 2000). Innerhalb der Tabelle 'AUTHENTIFIZIERUNG' werden die Benutzer der Webapplikation des Systems WALruhr verwaltet.

Die Tabelle 'WALVERSION' im Bereich '**SYSTEM**' dokumentiert die Entwicklungsstände des Programmsystems. Daten aus dem SAP-Modul R/3 SD-V werden in der Tabelle 'ENTNAME\_FK\_JAHR' im Bereich '**FK-Daten**' zum jährlichen Datenabgleich gespeichert.

#### 6.4 Implementierung

Im Folgenden werden besondere Aspekte bei der Realisierung der Datenbank aufgezeigt, der Prozess der Datenübernahme dokumentiert sowie die Integration des Wasserwirtschaftlichen Informationssystems (WWI) erläutert.

#### 6.4.1 Realisierung der Datenbank WALruhr

Das in Kap. 6.3.2 vorgestellte Datenmodell wurde in das Schema 'WAL' der Datenbank 'MMDATA' überführt. Ein Schema beinhaltet Objektmengen, die einem Benutzerkonto – in diesem Fall dem Hauptbenutzer 'WAL' des Systems WALruhr – gehören. Es ist möglich, weitere Schemata in der Datenbank 'MMDATA' anzulegen, die z. B. unter fachlichen Gesichtspunkten einer gewissen Trennung bedürfen, jedoch in der gleichen Datenbankinstanz angesiedelt sind und somit auf gemeinsame Ressourcen zurückgreifen können. Bei der Erzeugung der Datenbankinstanz für das System WALruhr wurde daher die allgemeinere Bezeichnung 'MMDATA' gewählt, um zu einem späteren Zeitpunkt weitere Daten innerhalb verschiedener Schemata aufnehmen zu können (siehe auch Kap. 9). Aus Gründen der Verständlichkeit und da zurzeit nur Daten des Systems WALruhr innerhalb der Datenbank 'MMDATA' gespeichert werden, wird im weiteren Verlauf weiterhin von der Datenbank 'WALruhr' gesprochen.

Neben dem Hauptbenutzer 'WAL' wurden weitere Benutzer sowie Rollen auf Datenbankebene definiert. An Rollen (Gruppen von Berechtigungen) vergebene Objektberechtigungen können an einen Benutzer übertragen werden, wenn dieser einer solchen Rolle zugeordnet wird (vgl. LONLEY und THERIAULT 2002). Damit vereinfacht sich der Prozess, wenn ein neuer Nutzer der Anwendung hinzugefügt wird, da dieser durch Zuweisung von Rollen die gewünschten Berechtigungen erhält, und Berechtigungen zentral in den Rollen verwaltet werden können. Innerhalb der Datenbank WALruhr gibt es eine Rolle für einen eingeschränkten lesenden Zugriff ('WAL\_GAST'), einen lesenden Zugriff ('WAL\_VIEW'), einen erweiterten lesenden Zugriff ('WAL\_VIEWEXT'), eine Bearbeitung durch Entnehmer ('WAL\_ENTN'), eine interne Bearbeitung ('WAL\_EDIT') und eine zur Administration ('WAL\_ADMIN'). Seitens des DBMS werden weitere Rollen zur Verfügung gestellt wie z. B. 'CONNECT' (Zugang zur Datenbank) oder 'DBA' (unbeschränkter Zugriff auf alle Datenbankobjekte). Da Benutzer der Webapplikation in dieser verwaltet werden, wurden auf Datenbankebene verschiedene 'Sammelbenutzer' mit unterschiedlichen Berechtigungen eingerichtet, die den entsprechenden Webnutzern über die Applikation zugeordnet werden, wodurch eine doppelte Nutzerverwaltung entfällt. Benutzer der Anwendungen, die direkt auf die Datenbank zugreifen (WWI- und Office-Clients), werden nach Bedarf auf Datenbankebene angelegt und den entsprechenden Rollen zugewiesen.

Trigger sind Prozeduren, die durch definierte Ereignisse ausgelöst und vom DBMS auf bestimmte Tabellen angewendet werden. Ein Trigger kann dabei vor oder nach einem

Ereignis wie dem Einfügen, Ändern oder Löschen von Daten in einer Tabelle ausgeführt werden. Eine Normierung der Datenbanktrigger erfolgte im Standard SQL:1999 (vgl. MATTHIESSEN und UNTERSTEIN 2000). Innerhalb der Datenbank WALruhr werden Trigger u. a. zum Erzeugen einer ID, zur Ermittlung des Wasserwirtschaftsjahres und zur Umrechnung von Koordinaten eingesetzt. Um Datenauswertungen sowohl auf Kalenderjahre (KJ) als auch auf Wasserwirtschaftsjahre (WWJ) über eine einfache Angabe im 'Where-Teil' einer SQL-Anweisung ('where kj=2002' bzw. 'where wwj=2002') zu ermöglichen, wird während der Eingabe des Kalenderjahres das entsprechende Wasserwirtschaftsjahr über die Triggerfunktion ermittelt und in der Datenbank abgelegt (siehe Anhang B1 Code B1.1). Bei der Koordinatenumrechnung werden vom Benutzer eingegebene Koordinaten in den originären Meridianstreifen sowie in den dritten Meridianstreifen umgerechnet. Diese wiederum werden als Geometrieobjekte gespeichert (siehe Anhang B1 Code B1.2). Die Umrechnung in den dritten Meridianstreifen erfolgt zur einheitlichen Darstellung, da der östliche, größere Teil des Einzugsgebietes der Ruhr in diesem Streifen liegt und innerhalb von GIS-Systemen zur Visualisierung herangezogen wird. Die Koordinaten, die nicht in ihrem originären Streifen erfasst wurden (z. B. durch graphisches Editieren), werden in diesen zurückgerechnet und gespeichert.

Mit Hilfe von Views (Datensichten) können Daten aus unterschiedlichen Tabellen einer Datenbank zusammengeführt und evtl. mit einer eingeschränkten Sicht auf Spalten oder Zeilen in Form einer virtuellen Tabelle zur Verfügung gestellt werden (vgl. LONLEY und THERIAULT 2002). Datenbankviews werden innerhalb der Datenbank WALruhr genutzt, um definierte Sichten auf die Daten wie z. B. Entnahmen pro Jahr (siehe Abb. 8.4 und Anhang B1 Code B1.3) oder pro Entnahmestelle zu erstellen, die u.U. auch komplexere Auswertungen realisieren. Hierzu gehört z. B. die Übernahme der Auswertung und somit auch die Ablösung des Programms TAENT (siehe Kap. 3.2), bei der auf Basis der täglich gemeldeten Wasserentnahmen der großen Wasserwerke sowie der monatlichen Entnahme- und Entziehungsdaten des Vorjahres Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren ermittelt werden. Mit Hilfe dieser Faktoren wird für die aktuell gemeldeten täglichen Entnahmedaten der großen Wasserwerke die Entziehung auf die Kontrollquerschnitte 'Villigst' und 'Mündung' hochgerechnet (siehe Anhang A2 Abb. A2.1).

Zu dem Datenbankschema 'WAL' wurden außerdem das Schema 'SDE' sowie das ArcSDE 'Metadata Repository' innerhalb der WALruhr-DB erzeugt (siehe Abb. 5.5), um Geometriedaten, die als Geometrieobjekte in der Oracle-Datenbank gespeichert

wurden, einmalig innerhalb der SDE registrieren zu können und somit einen Zugriff der SDE-Clients auf diese Daten über 'Direct Connect' (siehe Abb. 5.3) zu ermöglichen (vgl. ESRI 2001).

#### 6.4.2 Datenübernahme

Die Datenübernahme beinhaltet zwei Vorgänge, zum einen die einmalige Übernahme der Daten aus dem System ENNE und zum anderen das jährliche Einspielen der Daten aus den Systemen EZVOR und SAP (Modul R/3 SD-V). Technisch wurden bzw. werden die Daten mit Hilfe von Microsoft Access übernommen. Die entsprechenden Tabellen aus dem System WALruhr ließen sich dazu in die Access Datenbank einbinden und die Daten aus den unterschiedlichen Quelldateien über Importfunktionen einlesen. Anschließend konnten die Daten entsprechend dem Datenmodell WALruhr aufbereitet und vor der endgültigen Übernahme in die WALruhr-Datenbank über Kontrollabfragen innerhalb von Access validiert werden.

Die Daten aus den Systemen EZVOR und SAP können relativ leicht übernommen werden, da diese jeweils in einer Ausgangsdatei und einfach strukturiert vorliegen. Durch das Programm **EZVOR** wird pro Tag eine Zeile in einer Textdatei angelegt, in der nacheinander die Entnahmemengen der großen Wasserwerke und im Anschluss daran Informationen zu dem entsprechenden Tag wie z. B. die maximale Temperatur gespeichert werden. Diese Tagesinformationen werden innerhalb der WALruhr-Datenbank in der Tabelle 'ENTNAHME\_TAG\_TAGESINFO' abgelegt. Die Entnahmemengen hingegen werden in einer Spalte der Tabelle 'ENTNAHME\_TAG' geführt und über den kombinierten Schlüssel, bestehend aus dem Entnahmedatum und der Entnahmeort-ID, differenziert. Daten des **SAP-Modul R/3 SD-V** stehen als Excel-Datei in einer ähnlichen Struktur wie in der Zieltabelle 'ENTNAHME\_FK\_JAHR' zur Verfügung. Lediglich die einzelnen Entnahmearten werden hier nicht in verschiedenen Spalten vorgehalten, sondern über ein Schlüsselfeld getrennt. Bei der Datenübernahme werden die Entnahmearten in die Spaltenstruktur überführt. Die Adressen der Entnehmer werden nicht in einer eigenen Tabelle ausgelagert, weil diese den Stand zum entsprechenden Zeitpunkt wiedergeben. Die redundante Speicherung dieser Informationen wird aus pragmatischen Gründen und vor dem Hintergrund toleriert, dass diese Daten nur zum Abgleich und nicht zur weiteren Auswertung verwendet werden.

Die Datenübernahme aus dem System **ENNE** war hingegen ein komplexerer Vorgang, da sowohl die Entnahmedaten als auch die Stammdaten nicht normalisiert vorlagen

und über mehrere Dateien verteilt waren. So wurden z. B. pro Entnahmestelle eine Datei mit den Stammdaten der jeweiligen Entnahmestellen und den Stammdaten des dazugehörigen Entnehmers geführt. Bei der Übernahme der Daten wurden zunächst diese Dateien zusammengeführt, redundante Einträge abgeglichen und eliminiert, die Daten normalisiert und anschließend in das Datenmodell des Systems WALruhr überführt. Zur Validierung wurden Datenauswertungen über den gesamten Datenbestand durchgeführt und mit den Ergebnissen aus dem System ENNE abgeglichen. Die Überprüfung des Datenbestandes verlief positiv.

### **6.4.3 Systemintegration über Spatial Database-Link**

Innerhalb des Systementwurfs wurden zwei Lösungsansätze zur technischen Integration des WWIs erarbeitet (siehe Kap. 5.3.4), von denen 'die Integration auf der Datenbankebene' im Folgenden vorgestellt wird, und 'die Integration auf Clientebene' in Kap. 7.1 sowie Kap. 8.3 behandelt wird.

Oracle-Datenbanken ermöglichen die Referenzierung von Daten, die außerhalb der lokalen Datenbank (WALruhr) liegen, über einen Link. Das Prinzip eines Datenbank-Links und eine darauf basierende Abfrage von Daten ist in Abb. 6.5 detailliert dargestellt. Angelegt wird ein Datenbank-Link unter Angabe einer Link-Bezeichnung, des Datenbankbenutzers mit Passwort und einem Verweis auf Verbindungsdaten der Remote-Datenbank (siehe SQL-Anweisung im Pfeil in Abb. 6.5). Tabellen der Remote-Datenbank stehen somit in der lokalen Datenbank zur Verfügung und können über die Angabe des Tabellennamens und der Link-Bezeichnung (`tabelle@linkbezeichnung`) abgefragt werden (vgl. LONLEY und THERIAULT 2002).

Ein Datenbank-Link ermöglicht es, auch Tabellen mit räumlichen Datenbeständen zu referenzieren und entsprechende Abfragen zu formulieren. In Abb. 6.5 ist (innerhalb der WAL-DB) beispielhaft die Abfrage der Einzugsgebiete aus der WWI-Datenbank (rotes Polygon) in Kombination mit den Entnahmestellen aus der WALruhr-Datenbank (blaue Punkte) beschrieben. Über die 'Select-Anweisung' im SQL-Statement werden die entsprechenden Tabellenspalten zusammengestellt; der 'From-Teil' enthält die benötigten (Remote-)Tabellen, und mit dem 'Where-Abschnitt' werden Bedingungen definiert. Im Fall einer räumlichen Abfrage wird z. B. über die Funktion 'SDO\_RELATE' eine geographische Bedingung der Geometrieobjekte abgefragt. In dem konkreten Beispiel der Abb. 6.5 wird der Datensatz der Tabelle 'Einzugsgebiete' ermittelt, für den die Bedingung 'Entnahmestelle liegt in Einzugsgebiet' mit 'wahr' beantwortet wird (vgl.

ORACLE 2002b und 2003). Das Ergebnis der Abfrage ist in der Tabelle 'Entnahmestelle\_Einzugsgebiet' visualisiert. Zu den einzelnen Entnahmestellen der WALruhr-DB (blau) werden in der Tabelle die dazugehörigen Einzugsgebiete mit Nummer und Name aus der WWI-DB (grün) angezeigt.

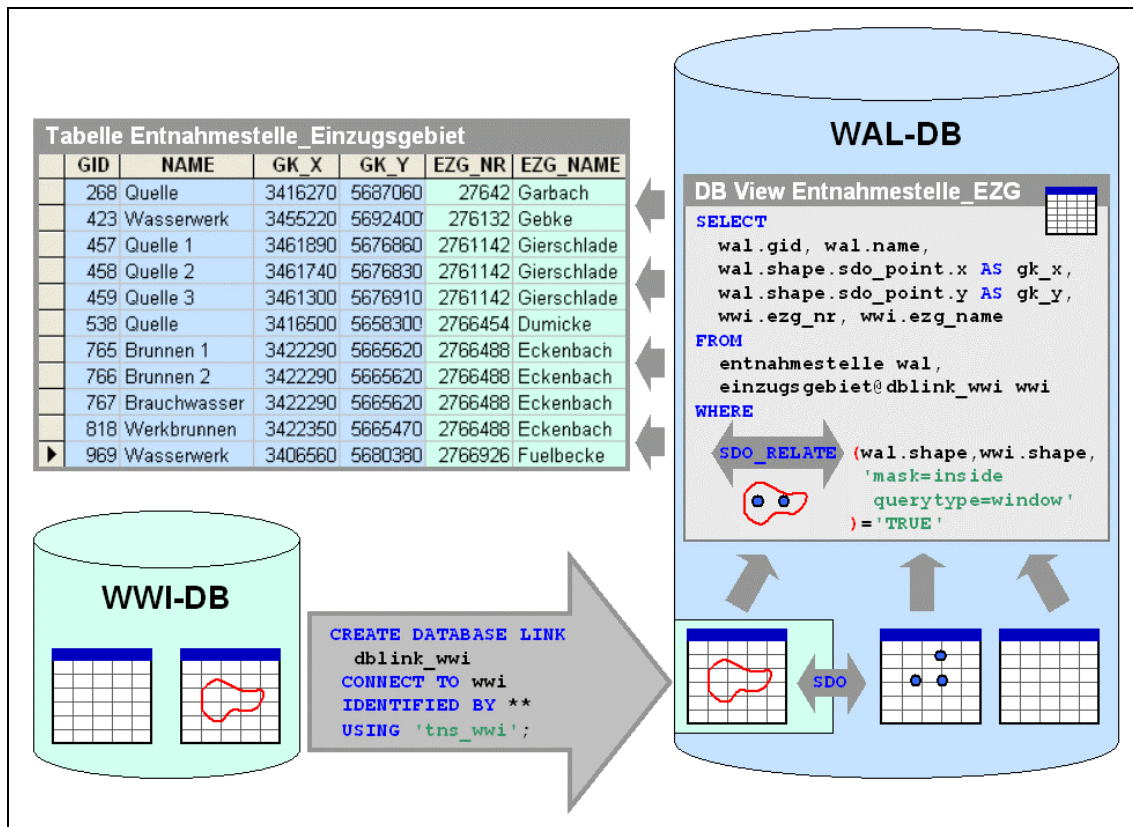


Abb. 6.5: Prinzip eines räumlichen Datenbank-Links (Spatial Database-Link) am Beispiel der Oracle Datenbanken WWI und WALruhr

Bei einem Aufruf der Tabelle 'Entnahmestelle\_Einzugsgebiet' ist für den Endanwender nicht direkt ersichtlich, aus welchen Quellen die Daten stammen. Das Datenbanksystem regelt im Hintergrund das Zusammenführen der entsprechenden Daten (vgl. LONLEY und THERIAULT 2002).

---

## 7 Anwendungslogik

Die Anwendungslogik als 'Mittlere Schicht' sorgt für das Zusammenspiel der verschiedenen Schichten innerhalb der Architektur des Programmsystems WALruhr. Sie bestimmt Struktur und Inhalt der Daten, die der Präsentations-Schicht zur Verfügung gestellt werden, und verarbeitet Benutzereingaben, indem sie diese Informationen in lesende oder schreibende Datenbankankweisungen umsetzt. Die Anwendungslogik vermittelt somit zwischen der Präsentations- und der Datenmanagement-Schicht (vgl. WILLIAMS und LANE 2000). Im Folgenden werden das Konzept dieser Schicht im Detail vorgestellt, die eingesetzte Technik erläutert, die Programmierung einzelner Komponenten dokumentiert und die Implementierung des UMN-MapServers beschrieben.

### 7.1 Konzept

Wesentliche Elemente des Konzeptes der Anwendungslogik wurden bereits in Kap. 5.3.2 und Kap. 5.3.4 festgelegt, daher folgt im Weiteren die Darstellung einiger Details des PHP-Moduls und der Systemintegration über den GIS-Client sowie über den UMN-MapServer.

Das **PHP-Modul** innerhalb der 'Anwendungslogik-Schicht' ist verantwortlich für die Kommunikation des Web-Clients mit der Datenbank (siehe Abb. 5.5) und kontrolliert somit die direkten Datenbankankweisungen des Web-Clients. Bei diesem Prozess werden dem Web-Client-Nutzer der entsprechende Datenbank-Account zugewiesen, Eingaben überprüft, Darstellungsvorschriften umgesetzt (z. B. aus der Tabelle 'FELDBESCHREIBUNG') und der Zugriff auf die Datenbank vereinheitlicht. Die Vereinheitlichung des Datenbankzugriffs wird über einen Datenbankabstraktionslayer realisiert, der Funktionen zur Verfügung stellt, mit denen viele Datenbanken unabhängig von der jeweiligen Implementierung verwaltet werden können. Die Webapplikation ist somit nicht an ein bestimmtes DBMS gebunden. Dies bedeutet allerdings nicht, dass bei einem Wechsel des DBMS keine Anpassungsarbeiten mehr anfallen, da die Verwendung einer Abstraktionsschicht nicht davor schützt, innerhalb eines DBMS datenbankspezifische Funktionen zu verwenden. Eine Anpassung der Webapplikation an ein neues DBMS wird jedoch durch die Verwendung eines Abstraktionslayers vereinfacht (vgl. GILDEMEISTER 2003).

Im WWI-GIS-Client (basierend auf ArcView 3.3) werden Geometriedaten (dateibasiert) und Attributdaten (datenbankbasiert) zusammengeführt und können dort mit weiteren

Datenbeständen z. B. aus dem System WALruhr kombiniert werden (siehe Abb. 7.1). Im **GIS-Client** ist es möglich, diese Daten mit Hilfe von räumlichen Analysemethoden auszuwerten. Damit die so gewonnenen Informationen innerhalb der WALruhr-Datenbank gespeichert werden können und innerhalb der Webapplikation für weitere Auswertungen zur Verfügung stehen, werden mit Hilfe einer in Avenue programmierten Erweiterung für den GIS-Client entsprechende Analysen automatisiert und deren Ergebnisse in der WALruhr-DB gespeichert. Dieser Prozess ist in Abb. 7.1 visualisiert.

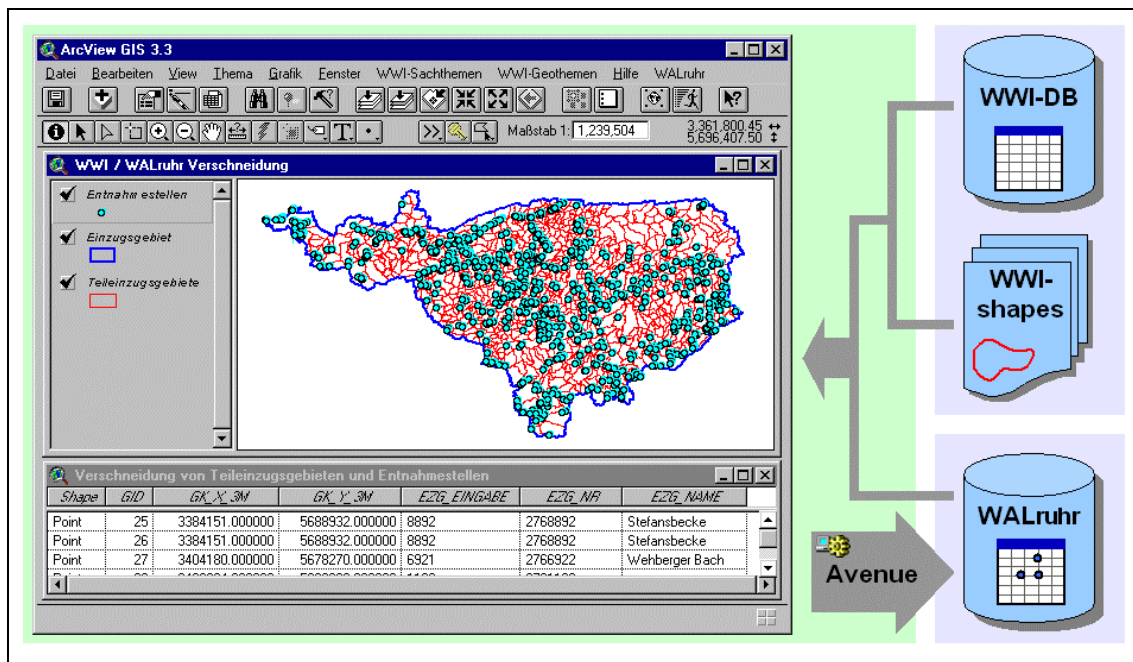


Abb. 7.1: Systemintegration über den GIS-Client WALruhr

Die Webapplikation des Programmsystems WALruhr wird zur graphischen Präsentation der Entnahmestellen vor einem Kartenhintergrund durch den **UMN-MapServer** unterstützt. Dieser beinhaltet innerhalb der Architektur des Programmsystems WALruhr die Anwendungslogik, mit der geographische Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengeführt, entsprechend aufbereitet und als Graphik ausgeliefert werden können. Durch die Verwendung von Standards bei diesem Prozess wird der Zugriff eines Nutzers über einen Standard-Browser auf verteilte Geoinformationen innerhalb verschiedener Architekturen unterschiedlicher Software-Hersteller realisiert (vgl. OPEN GIS CONSORTIUM 2003 und OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM 2004). Dieser Teil der Applikation WALruhr ist somit als 'offenes System' konzipiert.

## 7.2 Technologische Grundlagen

Innerhalb der Anwendungslogik-Schicht kommen verschiedene Komponenten zum Einsatz, die zum Teil programmiert und zum Teil als 'fertige Bestandteile' eingebunden

wurden. Im Folgenden werden technische Eigenschaften der 'fertigen Komponente' UMN-MapServer und der 'PHP: Hypertext Preprocessor', auf dessen Grundlage der Datenbankzugriff der Webapplikation programmiert wurde, vorgestellt. Der hierbei verwendete Datenbankabstraktionslayer 'PEAR-DB' wird ebenfalls beschrieben. Die SDE wurde bereits in Kap. 5.1.2 sowie Kap. 6.2.3 und Datenbank-Views wurden in Kap. 6.4.1 dargestellt. Eine kurze Erläuterung der Programmiersprache 'Avenue' folgt innerhalb des Kap. 7.3.1.

### 7.2.1 PHP und PEAR-DB

PHP ist eine serverseitige Programmiersprache, mit der u. a. dynamische Webapplikationen entwickelt werden können. Hierzu stehen innerhalb von PHP derzeit 90 Module mit über 2500 Funktionen zur Verfügung, die auch in wiederverwendbaren Komponenten zu finden sind und innerhalb eines umfangreichen Klassenarchivs (PEAR – PHP Extension and Add-On Repository) angeboten werden. PHP zeichnet sich durch eine einfache Integration in bestehende Systeme aus und ist durch eine Anbindung an den frei verfügbaren Apache Webserver portabel (vgl. SAMAR und STOCKER 2002 sowie <http://www.php.net/>).

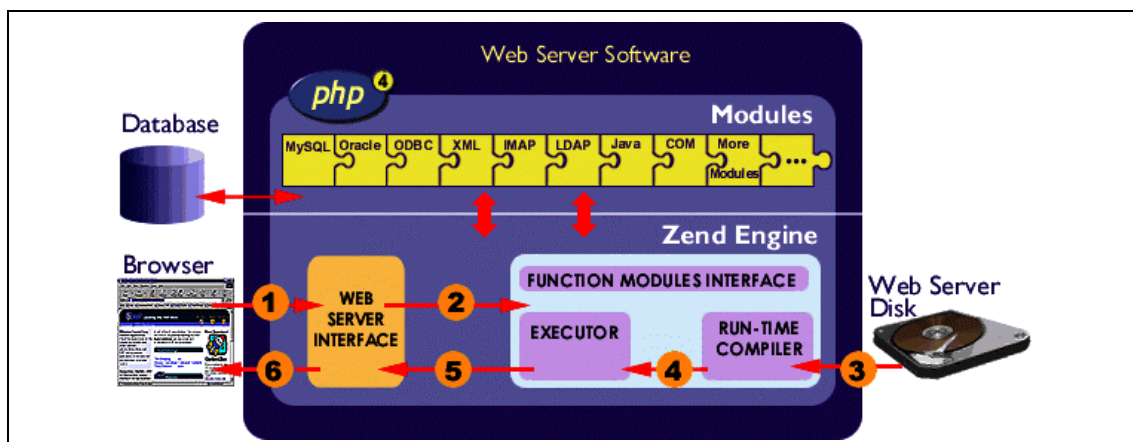


Abb. 7.2: Architektur des PHP: Hypertext Preprocessor  
(Quelle: ZEND 2004)

Im Folgenden werden die in Abb. 7.2 dargestellte Architektur und die Funktionsweise von PHP erläutert. Der Browser stellt eine Anfrage an den Webserver, der diese an die Webschnittstelle von PHP weiterleitet (siehe ① in Abb. 7.2). Diese Schnittstelle ruft die 'Zend Engine' auf (②), welche auf die Festplatte zugreift und den PHP-Quellcode für PHP-basierte Webseiten an den Laufzeitcompiler übergibt (③). Der Laufzeitcompiler erstellt ein kompiliertes Abbild, das an die ausführende Komponente der 'Zend Engine' – den 'Executor' – gesandt wird (④). Der Executor erzeugt z. B. eine Ausgabe im

HTML-Format, welche er zur Webschnittstelle (©) sendet, die diese Ausgabe über den Webserver an den anfragenden Browser weiterleitet (©). Werden bei diesem Vorgang Funktionen weiterer Module benötigt, um z. B. eine Oracle-Datenbank abzufragen, kann an entsprechender Stelle über die 'Funktionsmodul-Schnittstelle' der 'Zend Engine' ein Zugriff auf geeignete Module erfolgen (vgl. SAMAR und STOCKER 2002).

Mit 'PEAR-DB' wird ein Abstraktionslayer für Datenbanken innerhalb des Klassenarchivs von PHP zur Verfügung gestellt, der umfangreiche Funktionen zum einheitlichen Zugriff auf Datenbanken anbietet. 'PEAR-DB' nutzt dabei vorhandene Datenbankmodule in PHP und unterstützt derzeit die folgenden Datenbanken: dbase, fbsql, interbase, informix, msql, mssql, mysql, mysqli, oci8, odbc, pgsql, sqlite und sybase (vgl. GILDEMEISTER 2003 sowie <http://pear.php.net/db/>).

### **7.2.2 Web-Map-Service auf Basis des UMN-MapServers und PHP-MapScripts**

Ein Mapserver ist eine Softwarekomponente, die auf Anfrage eines Web-Clients nach bestimmten Anforderungen eine Karte produziert und diese dann in Form einer Graphik (gif, jpeg oder png) ausliefert (vgl. OPEN GIS CONSORTIUM 2003).

Ein Web-Map-Service (WMS) ist in diesem Zusammenhang ein vom OGC definierter Standard, der die Syntax von Anfragen, das Format und die Eigenschaften des Ergebnisses regelt. Der WMS muss dabei auf die Anfragen 'getCapabilities', 'getMap' und optional 'getFeatureInfo' antworten können. Der Aufruf 'getCapabilities' liefert Metadaten (wie z. B. Angaben zum Service, Projektionssystem und Layer) zum WMS in Form eines standardisierten XML-Dokuments (Extensible Markup Language) zurück, mit dessen Hilfe eine 'getMap'- und optional eine 'getFeatureInfo'-Anfrage generiert werden können. Die Anfrage 'getMap' gibt eine Karte als Rasterbild im gewünschten Format zurück. Mit dem optionalen Request 'getFeatureInfo' können alphanumerische Informationen zurückgeliefert werden. Aufgrund der Standardisierung der Anfragen ist es möglich, auf Kartenserver unterschiedlicher Hersteller zuzugreifen (siehe auch Kap. 7.4), ohne dabei proprietäre Eigenheiten berücksichtigen zu müssen, da diese über die einheitliche WMS-Schnittstelle gekapselt werden (vgl. OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM 2004 sowie CCGIS und TERRESTRIS 2004).

Um mit dem UMN-MapServer eine OGC-konforme WMS-Schnittstelle anbieten zu können, müssen 'Metadata-Parameter' in der Map-Datei berücksichtigt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass der UMN-MapServer in der Version 4.x derzeit nicht

OGC-konform sondern lediglich kompatibel ist, da nicht alle Konformitätsvorschriften erfüllt werden, wie z. B. bei der Behandlung von geometrisch verzerrten Aufrufen (vgl. CCGIS und TERRESTRIS 2004).

Der UMN-MapServer kann auf verschiedene Weise eingesetzt werden, zum einen als CGI-Programm (Common Gateway Interface) in der Script-Schnittstelle des Webserver und zum anderen in gekapselter Form innerhalb der MapScript-Bibliothek.

Die CGI-Variante des UMN-MapServers wird über eine URL (Uniform Ressource Locator) aufgerufen, mit der durch Angabe von Parametern die Darstellung des zurückgelieferten Kartenbildes, wie z. B. der gewählte Ausschnitt oder die anzuzeigenden Layer, beeinflusst werden können. Dabei greift der MapServer auf geographische Datenbestände zu und erstellt eine neue Karte, die in Form einer temporären Graphik zurückgeliefert wird. Gesteuert wird dieser Prozess über eine Projektdatei, die als Map-Datei bezeichnet wird. In dieser Datei wird u. a. festgelegt, welche Layer überhaupt zur Verfügung stehen, wie diese dargestellt bzw. projiziert werden, wo sich die Datenquellen befinden, und ob der Map-Service durch die Angabe von Metadaten als OGC-konformer bzw. -kompatibler Web-Map-Service angeboten wird. Zusätzlich können über die Map-Datei auch HTML-Templates referenziert werden, in die das Kartenbild eingebettet wird und so mit einer Legende und mit Navigationselementen innerhalb einer Webseite ausgeliefert werden kann (vgl. FISCHER 2003 sowie CCGIS und TERRESTRIS 2004).

Mit der MapScript-Bibliothek wird die Möglichkeit geschaffen, die Funktionen des UMN-MapServers innerhalb einer Programmiersprache wie z. B. Perl, Python oder PHP zu nutzen. Der Vorteil dabei liegt in der Kombination der Funktionalitäten der gewählten Programmiersprache mit denen des MapServers. Abb. 7.3 verdeutlicht neben der Darstellung der Architektur des MapScripts u. a. diesen Vorteil, der durch die Verwendung der MapScript-Erweiterung gegenüber der CGI-Variante des MapServers (die für den Einsatz des MapScripts nicht erforderlich ist) entsteht. Genau wie der UMN-MapServer wird das MapScript über die 'Map-Datei' konfiguriert, kann diese aber dynamisch modifizieren und – was ein wesentlicher Vorteil ist – mit nicht geographischen Informationen kombinieren. Die Eingabe- und Ausgabe-Formate des MapScripts entsprechen denen des UMN-MapServers, können jedoch um serverseitige Applikationen ergänzt werden, die z. B. bei einem Klick auf die Karte aktiv werden und die ermittelten Koordinaten in einer Datenbank speichern (vgl. FISCHER 2003 und VRSALOVIC 2004).

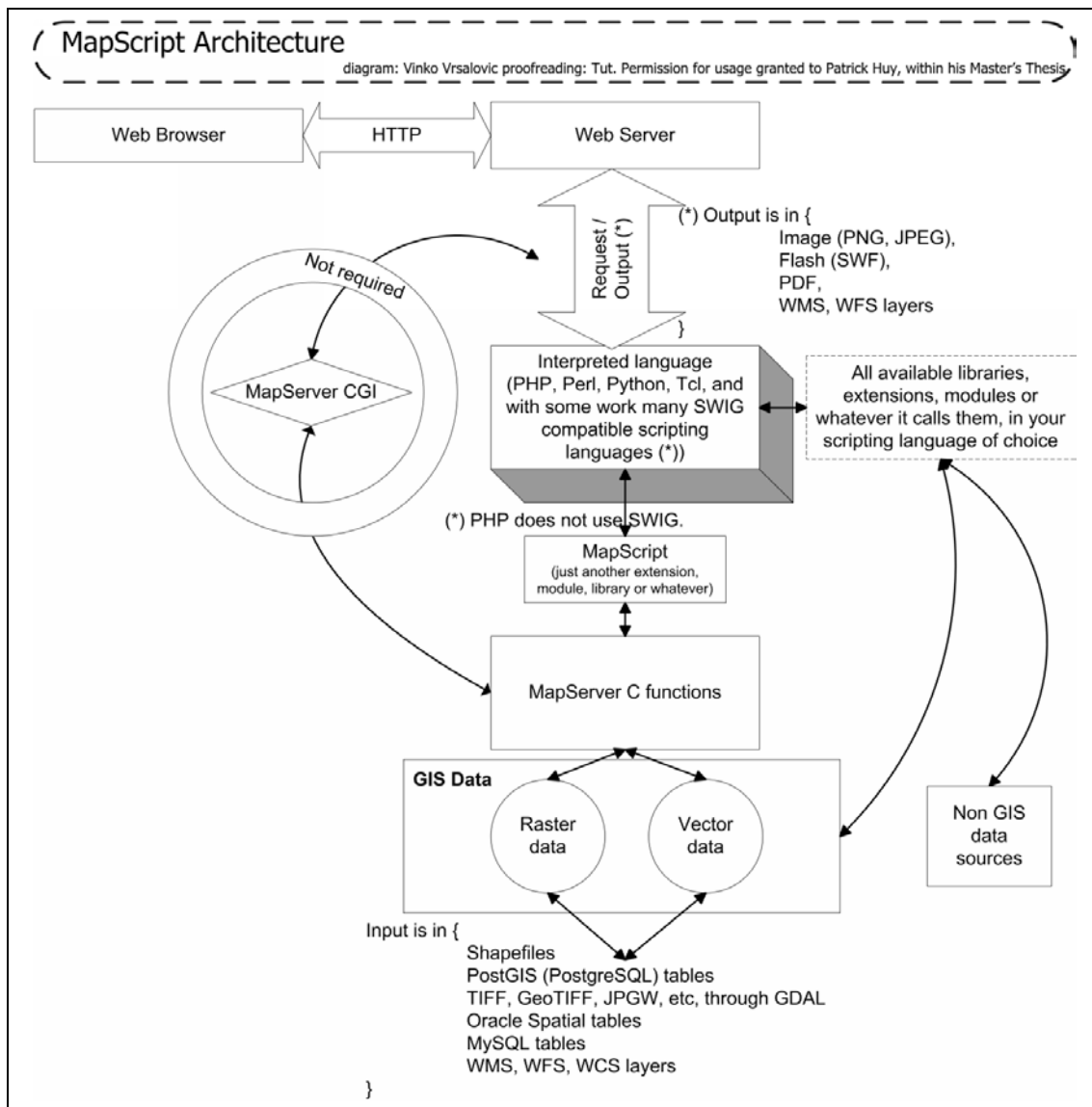


Abb. 7.3: Architektur der MapScript Extension  
 (Quelle: VRSALOVIC 2004)

Innerhalb des Programmsystems WALruhr wird der UMN-MapServer über das MapScript angesprochen (siehe Kap. 8.4.3) und zusätzlich zur möglichen Integration in andere Systeme als OGC-kompatibler Web-Map-Service angeboten.

### 7.3 Programmierung

Innerhalb der Anwendungslogik sind Programmieranteile in der Anbindung sowie in der Nutzung der Funktionalitäten des GIS-Clients mit Hilfe von Avenue und in der Regelung und Validierung des Datenbankzugriffs durch die Webapplikation mit PHP zu finden. Die zur Vereinheitlichung des Zugriffs verwendeten Datenbankviews wurden bereits in Kap. 6.4.1 vorgestellt, so dass im Folgenden die Avenue- und die PHP-Programmierung skizziert werden.

### **7.3.1 Avenue-Programmierung zur Systemintegration**

Zur Integration der Daten aus dem WWI in das System WALruhr (siehe Kap. 7.1 und Abb. 7.1) wurde mit Hilfe der Programmiersprache Avenue die Erweiterung 'WALruhr' für ArcView entwickelt. Die Erweiterung 'WALruhr' kann (ebenso wie die des WWI) in ArcView geladen werden und ergänzt den Funktionsumfang von ArcView um zusätzliche Funktionen.

Mit Avenue steht innerhalb von ArcView GIS (der Firma ESRI) eine Programmiersprache mit einem komplexen Objektmodell zur Verfügung. ArcView umfasst ca. 270 Klassen, auf die insgesamt ca. 9800 Methoden angewendet werden können (vgl. HERTER, HÖCK und JACOBI 1999).

Die Extension 'WALruhr' basiert auf einem Script zur Herstellung der Datenbankverbindung (siehe Anhang B2 Code B2.1) und weiteren Scripten zur Durchführung räumlicher Operationen. Mit diesen Scripten werden zunächst die entsprechenden WWI-Daten (über Funktionen der WWI-Extension) sowie die Entnahmestellen aus der WALruhr-DB geladen. Die so geladenen Datenbestände werden dann über eine räumliche Verknüpfung (Spatial Join) mit Hilfe der entsprechenden Geometriefelder ('shape') in Beziehung gebracht (z. B. 'liegt in'). Die Informationen aus beiden Datenbeständen stehen so in einer verknüpften Tabelle zur Verfügung und können innerhalb des Scripts abgefragt und über die bestehende Datenbankverbindung in der WALruhr-DB gespeichert werden (siehe Anhang B2 Code B2.2). Sie stehen somit für weitere Auswertungen dauerhaft zur Verfügung und müssen regelmäßig aktualisiert werden, da sonst Veränderungen der eigentlichen Daten nicht zur Geltung kommen.

Mit der Umstellung der dateibasierten geographischen Datenhaltung des WWI auf eine datenbankbasierte wird dieser Weg der Datenintegration nicht mehr benötigt. Da derzeit noch viele geographische Daten dateibasiert vorgehalten oder über diesen Weg ausgetauscht werden, ist es u. U. nötig, diesen Ansatz der Datenintegration erneut zu verfolgen.

### **7.3.2 PHP-Programmierung zum Datenbankzugriff und zur Datenvalidierung**

Zugriffe der Webapplikation WALruhr auf die Datenbank laufen über die 'Mittlere Schicht' der Systemarchitektur, in der sich die Anwendungslogik in Form von PHP-Funktionen befindet. Mit Hilfe dieser Funktionen werden die Datenbankzugriffe geregelt, Darstellungsformen definiert und Dateneingaben validiert. Hierzu werden inner-

halb der Applikation drei Dateien angeboten. Eine Datei hält die Funktionen vor, die von der Webapplikation angesprochen werden können, mit Hilfe der zweiten kann eine Datenbankverbindung hergestellt werden, und eine dritte verwaltet zentral die SQL-Anweisungen in Form einer Initialisierungs-Datei.

Mit der Datei zur Herstellung der Datenbankverbindung wird die Datenbankabstraktionsklasse PEAR-DB geladen (siehe Anhang B3 Code B3.1). Anschließend werden dem Nutzer – entsprechend seiner Benutzerrechte innerhalb der Webapplikation – ein äquivalenter Datenbankbenutzer zugewiesen (siehe Kap. 6.3.2 'Web-Applikation') und die Verbindung zur Datenbank hergestellt. In der Datei, die die eigentlichen Funktionen enthält, wird auf diese Datenbankverbindung zurückgegriffen; außerdem werden die zentral verwalteten SQL-Anweisungen geladen, damit diese ebenso wie die in der Datei enthaltenen Funktionen innerhalb der Webapplikation zur Verfügung stehen. Es werden unterschiedliche Funktionen für die verschiedenen Einsatzbereiche angeboten; als Beispiele seien genannt das Selektieren und Ändern von Daten (siehe Anhang B3 Code B3.2), das zusätzliche Sichern von SQL-Anweisungen (siehe Anhang B3 Code B3.3) und das Überprüfen von Dateneingaben (siehe Anhang B3 Code B3.4).

#### **7.4 Realisierung des WALruhr Map-Service**

Die Aufgabe des WALruhr Map-Service besteht in der Auslieferung von Kartenbildern, in denen die Entnahmestellen vor einem Kartenhintergrund dargestellt werden. Damit der Map-Service innerhalb des Systems sowohl als OGC-kompatibler Web-Map-Service als auch über PHP mit Hilfe des MapScripts angesprochen werden kann, stehen zum einen die CGI-Variante des UMN-MapServers innerhalb des Scriptverzeichnis des Apache Webservers und zum anderen die MapScript-Bibliothek als Erweiterung von PHP zur Verfügung.

Die Map-Datei des UMN-MapServers wurde zur Verwendung in der CGI-Variante und über die MapScript-Bibliothek konfiguriert und an zentraler Stelle bereitgestellt. Dabei mussten die geforderten Metadaten für einen OGC-kompatiblen Betrieb definiert werden, die der MapServer über eine 'getCapabilities'-Anfrage im XML-Format ausliefert (siehe Anhang B4 Code B4.1 und Code B4.3). Weiterhin wurden in der Map-Datei innerhalb des Abschnitts 'Layer' die Datenquellen der Entnahmestellen und des entsprechenden Kartenhintergrundes sowie deren Darstellungseigenschaften festgelegt. Die Entnahmestellen werden dabei aus der Oracle Spatial Datenbank WALruhr-

DB und die Hintergrundkarten über einen Web-Map-Service des zentralen Kartenservers des Ruhrverbands geladen, der im Rahmen des Liegenschaftsinformationssystems angeboten wird (siehe Anhang B4 Code B4.2).

Abb. 7.4 verdeutlicht den Datenfluss bei der Erzeugung eines Kartenbildes innerhalb des Programmsystems WALruhr und zeigt sowohl die Integration der Daten des Kartenservers 'LIS-ArcIMS', die sich in einer anderen Softwarearchitektur befinden (vgl. ESRI 2003), als auch die Möglichkeit, mit der Kombination von PHP und MapScript weitere alphanumerische Daten zu laden.

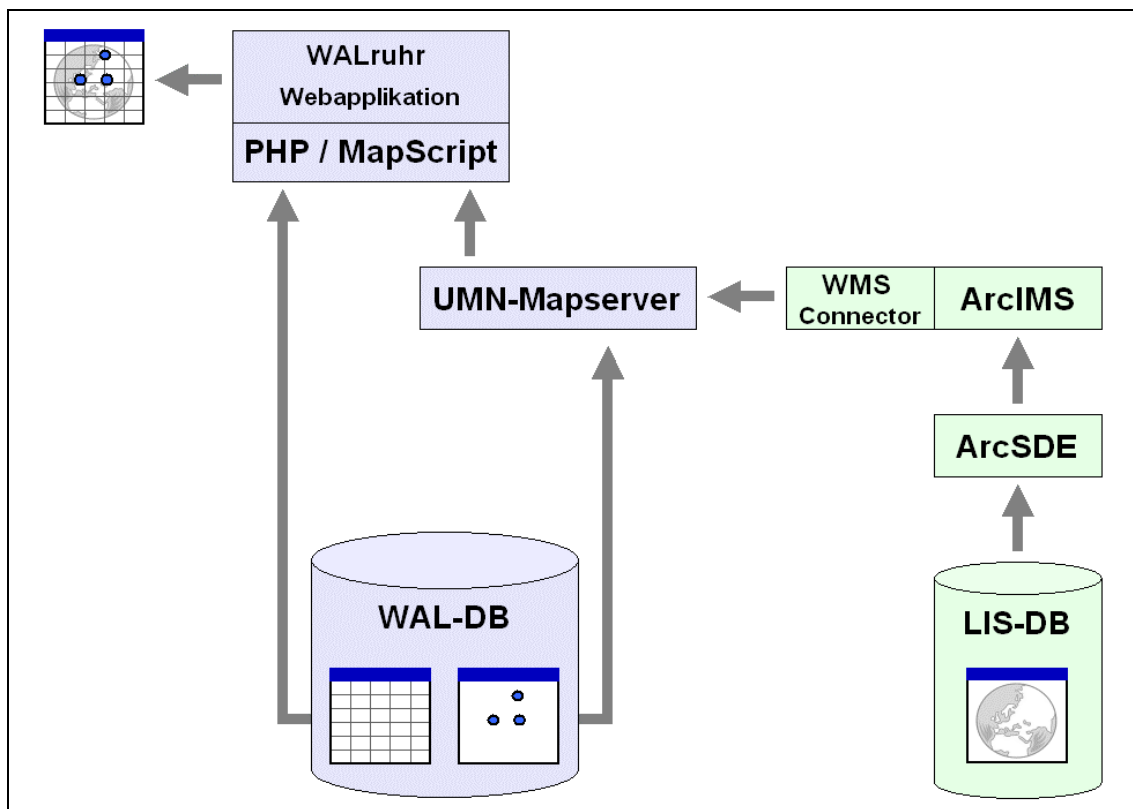


Abb. 7.4: Datenfluss bei der Kartenerzeugung mit PHP und MapScript

---

## 8 Präsentation

Die Präsentations-Schicht dient der Interaktion zwischen Anwender und Applikation. Innerhalb der Realisierungsphase dieser Schicht ist darauf zu achten, dass dem Benutzer ein entsprechendes Funktionsangebot zur Verfügung gestellt und eine funktionale Benutzerführung implementiert wird, da hiervon die Akzeptanz, der Nutzungsgrad und die Qualität einer Applikation wesentlich beeinflusst werden. Im Folgenden werden das Konzept dieser Schicht der Applikation WALruhr erläutert, technische Grundlagen dargelegt und die Realisierung der Desktop-Clients sowie schwerpunktmäßig der Webapplikation dokumentiert.

### 8.1 Konzept

Grundsätzlich werden zwei Ansätze innerhalb der Präsentations-Schicht des Programmsystems WALruhr verfolgt, zum einen der Zugriff über Desktop-Clients und zum anderen der über den Web-Client (siehe Abb. 5.5). Die Aufgaben der Desktop-Clients bestehen in der Erweiterung von Auswertungsmöglichkeiten der Applikation sowie in der Lösung spezieller Aufgabenstellungen. Die Eingabe der Wasserentnahmedaten, die Stammdatenverwaltung und die Bereitstellung von Standardauswertungen werden über die Webapplikation realisiert. Die Konzepte der einzelnen Ansätze werden im Folgenden dargestellt.

Primäres Ziel der **Desktop-Clients** ist es, mit Hilfe von Standard-Software die Auswertungsmöglichkeiten der Applikation WALruhr z. B. unter Verwendung eines GI-Systems zu erweitern. Durch die Verwendung der offenen Schnittstelle ODBC (siehe Kap. 5.3.3) ist ein flexibler Zugriff mit unterschiedlichsten Software-Produkten auf die Applikation WALruhr möglich. Da zur Auswertung der Daten nur ein lesender Zugriff benötigt wird, kann hierzu ein direkter Zugriff auf die Datenbank durch einen Ruhrverbands-internen Nutzerkreis erfolgen. Weitere Aufgaben – wie z. B. die Integration der WWI-Daten (siehe Kap. 7.3.1), das Einspielen der Daten aus dem System EZVOR und dem SAP-Modul R/3 SD-V sowie die Datenbankadministration – werden ebenfalls über einen Desktop-Client wahrgenommen. Der hierzu erforderliche direkte schreibende Datenbankzugriff ist ausschließlich Administratoren des Systems vorbehalten.

Der **Web-Client** ist für einen breiteren Nutzerkreis konzipiert, da mit diesem eine Bearbeitung der Stamm- und Wasserentnahmedaten sowohl Ruhrverbands-intern als auch durch die Wasserentnehmer mit Hilfe der Webtechnik erfolgt. Die eigentliche Web-Client-Software befindet sich dabei auf einem Server und liefert bei entsprechenden

Anfragen HTML-Seiten über den Webserver an den Browser des Anwenders aus. Vorteile, die sich hieraus ergeben, sind die mögliche serverseitige Wartung der Software und das Wegfallen der clientseitigen Installation eines speziellen Software-Produktes, da hier Standard-Browser verwendet werden können (vgl. WILLIAMS und LANE 2000). Der ausgelieferte HTML-Code entspricht dem vom World Wide Web Consortium (W3C) herausgegebenen HTML-Standard (4.01), um die Verwendung von herstellerspezifischen Funktionen innerhalb des HTML-Code zu vermeiden und so eine browserübergreifende Funktion der Webapplikation WALruhr anzustreben. Zur Minimierung technischer Hürden für eine Nutzung der Webapplikation WALruhr wurde bei der Konzeption des integrierten Web-Map-Service auf die Verwendung von Plug-Ins für Browser verzichtet.

Die Oberfläche der Webapplikation zeichnet sich durch eine übersichtliche Gestaltung sowie eine einfache und intuitive Bedienung aus. Nutzer, die den Funktionsumfang der Applikation gemäß ihren Berechtigungen nutzen wollen, müssen sich am System entsprechend anmelden. Aus administrativer Sicht ist es möglich, z. B. einfache Auswertungen ohne größere Programmierkenntnisse über einen weiteren Menüpunkt innerhalb der Webapplikation zur Verfügung zu stellen. Dieser Prozess wird durch eine generische Erzeugung von Datenauswertungen und den Einsatz von PHP-Funktionen unterstützt. Die Einbettung von PHP-Programm-Code innerhalb von HTML-Code bringt verschiedene Vorteile mit sich wie z. B. eine schnellere Implementierung. Nachteilig wirkt sich die Vermischung von Programmcode (PHP) und Layoutcode (HTML) in einer Datei aus, wodurch die Wartung größerer Projekte aufgrund der vermischten Code-Anteile erschwert wird (vgl. LERDORF und TATROE 2002). Daher wird innerhalb der Webapplikation WALruhr ein Templatesystem verwendet, mit dessen Hilfe Programm- und Layoutcode getrennt vorgehalten werden.

## **8.2 Technologische Grundlagen**

Sowohl die Desktop-Clients als auch die Webapplikation (innerhalb der 'Mittleren Schicht') benötigen eine DBMS-Client-Software für den Zugriff auf das Datenbankmanagementsystem (siehe Abb. 5.5). Seitens der Desktop-Clients wird der Zugriff über die ODBC-Schnittstelle vereinheitlicht (siehe Kap. 5.3.3), wodurch alle Softwareprodukte, die diesen Standard unterstützen, im Zusammenhang mit dem System WALruhr zum Einsatz kommen können. Zurzeit wird desktopseitig neben Standard-Office-Produkten ein GI-System eingesetzt, das aufgrund seiner zentralen Bedeutung für das System WALruhr in Kap. 8.2.1 definiert wird. Innerhalb des Web-Clients

kommen aus technischer Sicht die in Kap. 7.2.1 beschriebene Programmiersprache PHP sowie das in Kap. 7.2.2 im Zusammenhang mit dem UMN-MapServer vorgestellte MapScript zum Einsatz. Zusätzlich dazu werden die PEAR-Module 'AUTH' zur Benutzer-Authentifizierung und 'ITX' als Templatesystem innerhalb dieser Schicht eingesetzt, deren Funktionsumfang in Kap. 8.2.2 beschrieben wird. Die 'Session-Technik' (siehe Kap. 8.2.3) ermöglicht die Entwicklung einer datenbankbasierten Webapplikation, die den Kontext über das kontextunabhängige 'Hypertext Transfer Protokoll' beachtet.

### **8.2.1 Desktop-GIS**

R. Bill definiert die Bestandteile und Eigenschaften eines GI-Systems wie folgt: "Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden." (BILL 1999, S. 4) Mit dem Begriff Geo-Informationssystem (GIS) wird heute ein System verbunden, das einen bestimmten Funktionsumfang bietet und Daten mit einem gewissen Mindestumfang und Komplexitätsgrad verarbeiten kann. Derzeit werden einige Systeme auf der gängigen PC-Technik angeboten, die ähnlich einer Textverarbeitung zu bedienen sind und mit anderen Programmen kommunizieren können. Derartige Systeme werden als Desktop-GIS bezeichnet, da sie dem Anwender am PC-Arbeitsplatz zur Verfügung stehen (vgl. BILL 1999). Innerhalb des Programmsystems WALruhr wird das Desktop-GIS ArcView der Firma ESRI eingesetzt.

### **8.2.2 PEAR 'AUTH' und 'ITX'**

Das PEAR-Modul '**AUTH**' stellt innerhalb von PHP eine Klassenbibliothek zur Verfügung, mit der ein Authentifizierungs-Prozess innerhalb einer Webapplikation realisiert werden kann. Vorteil dieses PEAR-Moduls ist vor allem die große Auswahl an Datenquellen, die zur Überprüfung der Benutzerdaten verwendet werden kann. Zudem ist keine feste Tabellenstruktur vorgeschrieben, so dass eine applikationseigene Struktur genutzt (siehe Kap. 6.3.2) und die Datenquelle z. B. von einer Datenbank auf einen LDAP-Server (Lightweight Directory Access Protocol) umgestellt werden kann. Mit Hilfe des Moduls 'AUTH' werden die zur Authentifizierung eingegebenen Daten des Benutzers überprüft und bei erfolgreicher Anmeldung entsprechende Daten innerhalb einer Session gespeichert (siehe Kap. 8.2.3), die von jeder weiteren Webseite genutzt werden können (vgl. WOLFF 2004).

Mit Hilfe eines Templatesystems wie 'ITX' ist es möglich, den Programmcode zur Generierung einer Webseite von dem Layoutcode der Seite zu trennen. Dadurch können bei größeren Projekten die Erstellung des Seitenlayouts und die eigentliche Programmierung der Webseite getrennt voneinander erfolgen (vgl. LERDORF und TATROE 2002). Weiterhin vereinfacht sich die Wartung eines Projektes, da zum einen der Programmcode viel übersichtlicher wird und zum anderen bei einer Umstellung des Layouts nicht zwangsläufig auch der Programmcode angepasst werden muss. Ein weiterer Vorteil liegt in der Mehrfachnutzung eines Templates; so wird z. B. ein Tabellen-Template für die Anzeige unterschiedlicher Datenauswertungen innerhalb der Applikation WALruhr genutzt.

Die Funktionsweise des Templatesystems 'ITX' wird in Abb. 8.1 verdeutlicht. Ein Webdesigner kann eine Webseite (in Abb. 8.1 auf der linken Seite) gestalten, ohne sich mit dem Programmcode auseinandersetzen zu müssen. Für dynamische Inhalte innerhalb der Webseite werden Platzhalter eingefügt. Der Applikationsentwickler sorgt für die Zusammenführung der Daten und übergibt sie dem Templatesystem 'ITX' (siehe Code in Abb. 8.1), das die Webseite mit den Platzhaltern lädt und die Daten an die dafür vorgesehene Stelle platziert (siehe Abb. 8.1 rechts). Dabei können u. a. auch Programmschleifen im Zusammenhang mit einem Templatesystem verarbeitet werden (vgl. LERDORF und TATROE 2002).

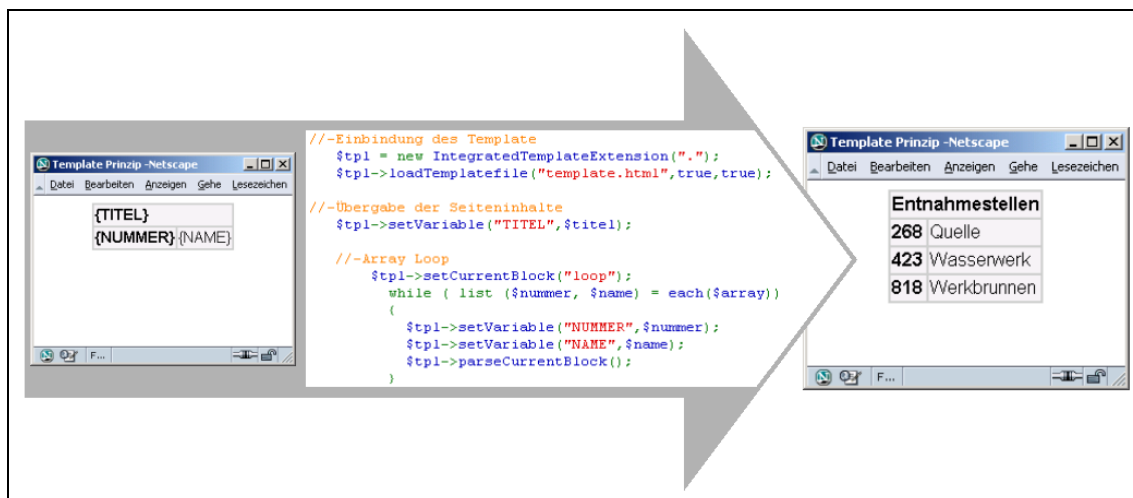


Abb. 8.1: Funktionsweise eines Template-Systems  
(siehe auch Anhang B3 Code B3.7)

### 8.2.3 Sessions

Die kontextunabhängige Interaktion zwischen Browsern und Webservern ist eine grundlegende Eigenschaft des Webs, dessen Kommunikation auf dem Hypertext

Transfer Protokoll (HTTP) basiert. Jede Anfrage, die ein Browser über HTTP an einen Webserver stellt, ist unabhängig von jeder anderen Anfrage. Diese Kontextunabhängigkeit von HTTP dient Anwendungen, die einem Nutzer das Blättern oder Suchen in einer Sammlung von Dokumenten ermöglichen. Datenbankbasierte Webapplikationen hingegen sind kontextabhängig und darauf angewiesen, die Verbindung zwischen Browser und Webserver eindeutig identifizieren zu können. Benötigt wird demnach eine Methode, den Kontext über HTTP aufrechtzuerhalten, um einen strukturierten Informationsfluss zu realisieren. Eine Lösung bietet u. a. PHP in Form einer Session-Verwaltung an, die im Folgenden beschrieben wird und in Abb. 8.2 visualisiert ist (vgl. WILLIAMS und LANE 2000).

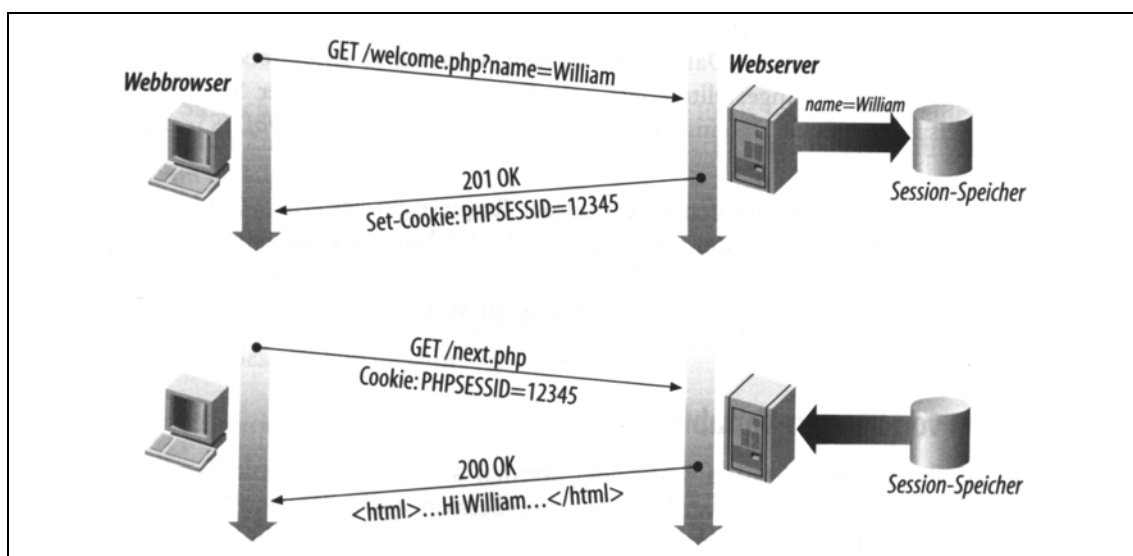


Abb. 8.2: Prinzip einer sessionbasierten Anwendung  
(Quelle: WILLIAMS und LANE 2000)

Wenn sich ein Nutzer an einer datenbankbasierten Webapplikation anmeldet (z. B. mit Hilfe des PEAR-Moduls 'AUTH'), werden eine Session gestartet und seitens PHP eine Session-ID (zufälliger String aus 32 hexadezimalen Zeichen) generiert sowie eine Datei angelegt, in der Variablen einer Session gespeichert werden können (siehe Abb. 8.2 'Session-Speicher'). Weiterhin wird mit der angeforderten Webseite die Session-ID mit Hilfe von PHP an den Browser gesandt und dort in einem Cookie (Textdatei) gespeichert. Bei der nächsten Anfrage sendet der Browser die Session-ID aus dem Cookie an den Webserver (siehe Abb. 8.2 'next.php'). Auf dem Webserver kann aufgrund der mitgelieferten Session-ID eine zuvor im Session-Speicher abgelegte Variable (name=William) gelesen und in der angeforderten Seite verarbeitet werden ('Hi William'). Das Prinzip der Session-Verwaltung wird innerhalb der Webapplikation

WALruhr genutzt, um eine Interaktion mit den Nutzern des Systems zu realisieren (vgl. WILLIAMS und LANE 2000).

### **8.3 Realisierung der Desktop-Clients**

Zur Anbindung der Desktop-Clients an die Datenbank WALruhr (siehe Abb. 5.5) wurden auf den entsprechenden Arbeitsplatzrechnern die Oracle-Client-Software installiert und die ODBC-Verbindung 'WAL' basierend auf einem Oracle-Datenbanktreiber konfiguriert. Die Datenbank WALruhr kann damit von allen Software-Produkten, die ODBC als Datenquelle unterstützen, über diese ODBC-Verbindung unter dem Namen 'WAL' angesprochen werden.

Innerhalb des Office-Clients WALruhr werden einerseits mit Hilfe von in Microsoft Access gespeicherten Importspezifikationen für EZVOR und des FK-SAP-Moduls die entsprechenden Daten geladen, aufbereitet und in die eingebundenen Tabellen aus der WALruhr-DB gespeichert. Außerdem können mit Access spezielle Datenbankabfragen realisiert werden, die Standardauswertungen innerhalb der Webapplikation nicht beantworten. Andererseits wurden in Microsoft Word zwei Serienbrief-Dokumente entworfen, mit denen die Anschreiben zur jährlich stattfindenden Fragebogenaktion und die Fragebögen zu den Entnahmestellen mit Informationen wie der Entnahmestellennummer erstellt werden.

Im WWI-GIS-Client können die Entnahmestellen über einen Menüpunkt innerhalb der Extension WALruhr geladen werden (siehe Kap. 7.3.1 und Menüleiste in Abb. 7.1) und stehen somit zur weiteren Auswertung im Zusammenhang mit den Daten des WWI zur Verfügung.

### **8.4 Realisierung des WALruhr WebClient**

Die in Abb. 8.3 dargestellte 'Startseite' vermittelt einen ersten Eindruck der Webapplikation WALruhr. Im Folgenden werden die Benutzeroberfläche, der Funktionsumfang und die technische Umsetzung des Web-Clients beschrieben.

#### **8.4.1 Graphische Benutzeroberfläche**

Mit der graphischen Benutzeroberfläche (GUI – Graphical User Interface) werden dem Anwender Programmfunktionen über graphische Bildgestaltung, Menütechnik und selbsterklärende Symbole so zur Verfügung gestellt, dass dieser ohne größere Einführung ein System bedienen kann. Die Oberfläche des WebClients WALruhr ist dazu in

verschiedene Bereiche aufgeteilt (siehe Abb. 8.3). Im oberen Teil befinden sich als Kopfzeile gestalterische Elemente wie ein Logo, der Applikationsname und drei Fotos aus dem thematischen Umfeld der Applikation (Talsperrenleitzentrale, Wasserentnahme, Talsperre). Die folgende 'Zeile' enthält auf der linken Seite den Namen des angemeldeten Benutzers (Standard: WALruhr) und auf der rechten Seite das Hauptmenü, mit dem der folgende Bereich maßgeblich beeinflusst wird. Dieser teilt sich wiederum in einen linken Bereich (grau hinterlegt) mit Funktionselementen im seitlich angeordneten Menü sowie bei Bedarf einem Hinweisfeld und einen rechten Bereich (weiß hinterlegt), in dem die Inhalte präsentiert werden. Die abschließende 'Zeile' enthält links einen Copyright-Vermerk und rechts Menüelemente mit Basisfunktionen.



Abb. 8.3: Graphische Benutzeroberfläche der Webapplikation WALruhr

Die Oberfläche ist programmiertechnisch so aufgebaut, dass sie durch entsprechende Einträge in einer Konfigurationsdatei und einer Datenbanktabelle mit den Menübezeichnungen und -funktionen flexibel erweitert und auch für andere Projekte genutzt werden kann (siehe Kap. 8.4.3). Der derzeit über die Weboberfläche angebotene Funktionsumfang wird im folgenden Kapitel beschrieben.

#### 8.4.2 Funktionsumfang

Eine grundlegende Funktion der Applikation WALruhr bietet die Möglichkeit, sich mit Benutzernamen und Passwort am System anzumelden (siehe Abb. 8.3). Hierüber wird anhand der Benutzerrechte der verfügbare Funktionsumfang der Applikation WALruhr definiert. Nur diejenigen Menüpunkte werden dargestellt, für die der jeweilige Benutzer eine ausreichende Berechtigung besitzt. Findet keine Anmeldung statt, so ist der Stan-

dardnutzer 'WALruhr' mit für alle Nutzer zugänglichen Grundfunktionen wie z. B. für das RIS angemeldet. Bei maximal vergebenen Benutzerrechten (siehe auch Kap. 6.3.2 'Web-Applikation' und Kap.6.4.1) werden die Funktionsbereiche 'Datenauswertung', 'Stammdaten', 'Entnahmedaten', 'Datenerfassung' und 'Administration' (Admin) über das Hauptmenü angesteuert, für die entsprechende Funktionen im seitlichen Menübereich zur Verfügung gestellt werden (siehe Abb. 8.4).

The screenshot shows the 'WALruhr' web application interface. The main navigation bar includes 'Patrick Huy', 'Datenauswertung', 'Stammdaten', 'Entnahmedaten', 'Datenerfassung', and 'Admin'. The 'Datenauswertung' section is active, displaying a table titled 'Jahresauswertung Entnahme in Mio. m³'. The table lists data for various years from 1988 to 2003, categorized by 'WASSERWIRTSCHAFTSJAHR', 'GESAMTENTNAHME', and four classes (A, B, C1, C2). A legend at the bottom of the table explains the classes: Klasse A (losses), Klasse B (public supply), Klasse C1 (industrial), and Klasse C2 (cooling). The footer contains '© Ruhrverband, Essen' and navigation links: 'home', 'hilfe', 'kontakt', 'impressum', 'anmelden', 'abmelden'.

WASSERWIRTSCHAFTSJAHR	GESAMTENTNAHME	KLASSE A	KLASSE B	KLASSE C1	KLASSE C2
2003	524,7	213,0	138,2	26,1	147,5
2002	519,1	203,7	135,6	24,4	155,3
2001	544,6	217,3	136,3	27,8	163,1
2000	527,7	226,5	136,4	28,8	136,0
1999	558,8	233,0	136,2	30,0	159,6
1998	602,0	235,9	135,8	30,4	199,9
1997	586,1	244,8	141,9	30,0	169,3
1996	612,8	249,0	141,5	30,8	191,5
1995	640,1	249,8	150,2	33,1	206,9
1994	629,5	256,6	151,9	33,2	187,8
1993	621,7	255,0	154,1	33,9	178,7
1992	684,0	267,8	156,5	35,9	223,8
1991	706,3	269,7	160,0	35,0	241,5
1990	704,0	269,6	161,5	41,1	231,8
1989	671,3	274,0	161,1	39,2	197,1
1988	681,7	271,4	157,3	39,4	213,7

Klasse A = Entnahmen, die durch Überpumpen, Verdunstung u.ä. dem Wasserschatz des Ruhreinzugsgebietes verloren gehen  
 Klasse B = Entnahmen für öffentliche Wasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet  
 Klasse C1 = Entnahmen zu industriellen Zwecken im Ruhreinzugsgebiet  
 Klasse C2 = Entnahmen zu Kühlzwecken im Ruhreinzugsgebiet

Abb. 8.4: Datenauswertung über die Webapplikation WALruhr

Unter der Überschrift **Datenauswertung** werden Standardauswertungen wie z. B. die Jahresauswertung der Entnahme (siehe Abb. 8.4), spezielle Auswertungen wie der Abgleich mit den Daten aus dem FK-SAP-Modul sowie die Bereitstellung der Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren (siehe Anhang A2 Abb. A2.1) und eine räumliche Auswertung für entsprechende Einzugsgebiete angeboten. Über den Bereich Datenauswertung findet ein Datenaustausch mit den Systemen RIS, EZVOR und FK-SAP statt (siehe Abb. 5.5).

Im Bereich **Stammdaten** stehen über ein hierarchisches Menü (siehe Abb. 8.5) Funktionen zur Anzeige der Stammdaten eines Entnehmers, eines Entnahmeortes und entsprechender Entnahmestellen zur Verfügung. Dabei werden über Selektion eines Entnehmers die Auswahl der Entnahmeorte sowie der Entnahmestellen eingeschränkt und ebenso durch die Selektion eines Entnahmeortes nur noch die Entnahmestellen

des entsprechenden Entnahmeortes zur Auswahl angeboten. Nach einer Selektion werden gleichzeitig in der rechten Hälfte die entsprechenden Stammdaten für den gewählten Entnehmer, den Entnahmeort oder die Entnahmestelle angezeigt. Einem am System angemeldeten Entnehmer würde aufgrund seiner Benutzerrechte die Auswahl 'Entnehmer' nicht zur Verfügung stehen, sondern lediglich die Auswahl seiner Entnahmeorte und Entnahmestellen. Die Stammdaten des angemeldeten Entnehmers würden dann als erste Darstellung auf der rechten Seite angezeigt.

The screenshot shows the 'Stammdaten Entnahmestelle' page in the WALruhr application. The left sidebar contains three selection sections: 'Entnehmer' (Muster-Werke GmbH), 'Entnahmeort' (Werk 1), and 'Entnahmestelle' (Brunnen 2). The main content area displays a table of well data and a map showing the location of the selected well (Brunnen 2) in red.

Stammdaten Entnahmestelle	
Nummer	1057101
Bezeichnung	Brunnen 2
Entnahmeort	Werk 1
Entnehmer	Muster-Werke GmbH
Anschreiben	Muster-Werke GmbH
Anschreiben (2te Zeile)	Werk 1
Strasse	Gasstr. 1
PLZ	45257
Ort	Essen
Person	Herr Müller
Telefon	0201 / 178 2664
Stillgelegt	NEIN
Messverweis	NEIN
Rechtswert	3413438
Hochwert	5681445
Einzugsgebietsnummer	2766911
TK25-Nummer	4712
TK25-Blattname	Altena
Wasserrecht-Nr.	20
Stammbblatt-Nr.	SB 20
Gültig vom	01.01.2000
Gültig bis	31.12.2007
max. Entnahme l/s	16,7
max. Entnahme m³/h	0
max. Entnahme m³/2h	120
max. Entnahme m³/d	1250
max. Entnahme m³/a	280000

Gewählte Entnahmestelle ist rot hervorgehoben!

Abb. 8.5: Stammdatenanzeige der Webapplikation WALruhr  
(Daten anonymisiert)

Über den Button 'bearbeiten' wird die entsprechende Seite mit editierbaren Formularfeldern geladen, in denen die Einträge geändert und abgespeichert werden können. Die Lagebeschreibung der Entnahmestellen kann über die Angabe von Gauß-Krüger-Koordinaten oder über die Positionierung in einem Kartenausschnitt erfolgen (siehe Anhang A2 Abb. A2.2).

Im Funktionsbereich **Entnahmedaten** werden über das gleiche hierarchische Menü wie unter Stammdaten Auswertungen der Entnahmemengen (ähnlich der Auswertung in Abb. 8.4) von einem Entnehmer, von einem Entnahmeort oder für eine einzelne Entnahmestelle angeboten.

**Datenerfassung** umfasst den Bereich der Eingabe von monatlichen Entnahmemengen, die bisher über die Fragebögen erfasst werden (siehe Anhang A2 Abb. A2.3). Hier wird über ein hierarchisches Menü die Selektion der entsprechenden Entnahmestelle vereinfacht.

Im Bereich **Administration** stehen Funktionen wie Passwortänderung des angemeldeten Benutzers, Anlegen und Löschen eines Benutzers und Ändern der Benutzerrechte zur Verfügung.

In der unteren Menüleiste von Abb. 8.5 befinden sich die Basisfunktionen zum Aufrufen der Startseite, der Hilfefunktion, der Kontaktinformationen sowie des Impressums und Möglichkeiten zum An- bzw. Abmelden.

### 8.4.3 Technische Umsetzung

Die technische Umsetzung des WebClients konzentrierte sich im Wesentlichen auf die Programmierung in PHP, da der für die Auslieferung der HTML-Seiten verantwortliche Webserver bereits vorhanden war, und dessen Konfiguration nur geringfügig angepasst werden musste.

Die Oberfläche der Webapplikation WALruhr wurde so konzipiert, dass nur eine HTML-Seite von den entsprechenden PHP-Scripten erzeugt wird, damit auf die Verwendung von Frames verzichtet werden kann. Die HTML-Ausgabe wurde mit Hilfe des 'HTML-Validators' (W3C) mit dem Ziel der Einhaltung des W3C-Standards für HTML 4.01 überprüft, um eine möglichst browserübergreifende Funktionalität der Seiten zu erreichen. Das Erscheinungsbild der Weboberfläche wird durch eine Konfigurationsdatei (INI-Datei) beeinflusst, in der die Farbgebung für die einzelnen Bereiche sowie Schriften, die Beschriftungen wie Titel und Pfadangaben zu Logo sowie gestalterischen Elementen hinterlegt sind. So kann die Übernahme des Layouts in ein anderes Projekt mit geringem Anpassungsaufwand erfolgen. Um dem Benutzer entsprechend seiner Rechte eine übersichtliche Oberfläche anzubieten, werden u. a. die Menüpunkte in der

Oberfläche ausgeblendet, für die der angemeldete Benutzer keine Ausführungsberechtigung besitzt.

Auf der Einstiegsseite (siehe Abb. 8.3) werden Formularfelder zur Anmeldung angeboten, über die sich ein Benutzer gegenüber dem System WALruhr authentifizieren kann. Hier werden mit Hilfe des PEAR-Moduls 'AUTH' (siehe auch Kap. 8.2.2) die Benutzerdaten in der entsprechenden Datenbanktabelle überprüft und nach erfolgreicher Validierung eine Session gestartet (siehe auch Kap. 8.2.3), in der u. a. Informationen zum Benutzer, die Entnehmernummer und der Zugriffsstatus gespeichert werden. Für die verschiedenen Funktionsbereiche wie 'Datenauswertung' ist jeweils ein PHP-Script verantwortlich, das die entsprechenden Funktionen aus dem Bereich verarbeiten kann. Dabei können diese Skripte auf eine Datei zurückgreifen, die Basisfunktionen wie zur Anzeige des Seitenkopfes oder zur Tabellengenerierung enthält (siehe Anhang B3 Code B3.5 und Code B3.6).

Die Ablaufstruktur eines Scripts ist für alle Funktionsbereiche identisch; sie wird nachfolgend beschrieben und ist beispielhaft in Abb. 8.6 dargestellt. Zunächst werden die Daten aus der Session gelesen. Ist die Session nicht vorhanden, werden allgemeingültige Daten gesetzt, damit eine Nutzung der Seite auch ohne Anmeldung möglich ist. Nach dem Lesen der entsprechenden INI-Datei wird die Zugriffsberechtigung für die gewählte Funktion überprüft und bei einer negativen Prüfung eine Fehlerseite angezeigt. Ein einfaches Ausblenden der Menüpunkte ist nicht ausreichend, da entsprechende Funktionen auch über die Eingabe einer URL an der Oberfläche vorbei aufgerufen werden können. Bei positiver Überprüfung wird das Script fortgesetzt, indem in der Reihenfolge des Seitenaufbaus erst der Seitenkopf und dann das Hauptmenü geladen werden. Bei diesen und den nächsten Schritten wird auf das PEAR-Modul 'ITX' zurückgegriffen (siehe Kap. 8.2.2) und die entsprechenden Templates für die Menüelemente sowie das Template für den Seiteninhalt geladen. Der folgende Schritt sorgt für die Darstellung der angeforderten Inhalte, bei der z. B. entsprechende Datenbankabfragen ausgeführt (siehe Kap. 7.3.2) und Karten mit Hilfe von PHP-MapScript generiert werden (siehe Kap. 7.2.2). Abschließend wird zur Vervollständigung die untere Menüleiste geladen.

In Anlehnung an die Notation für Sequenz-Diagramme der 'Unified Modeling Language' (UML) (vgl. OBJECT MANAGEMENT GROUP 2003) wird in Abb. 8.6 beispielhaft der abstrahierte Ablauf des Programmaufrufes 'ZeigeStammdaten' aus Abb. 8.5 skizziert. Die unterschiedlichen Instanzen sind horizontal angeordnet, wobei der Hintergrund die

dazugehörige Hardwarekomponente wiedergibt, und die vertikale Ausrichtung den zeitlichen Verlauf des Programmaufrufes dokumentiert.

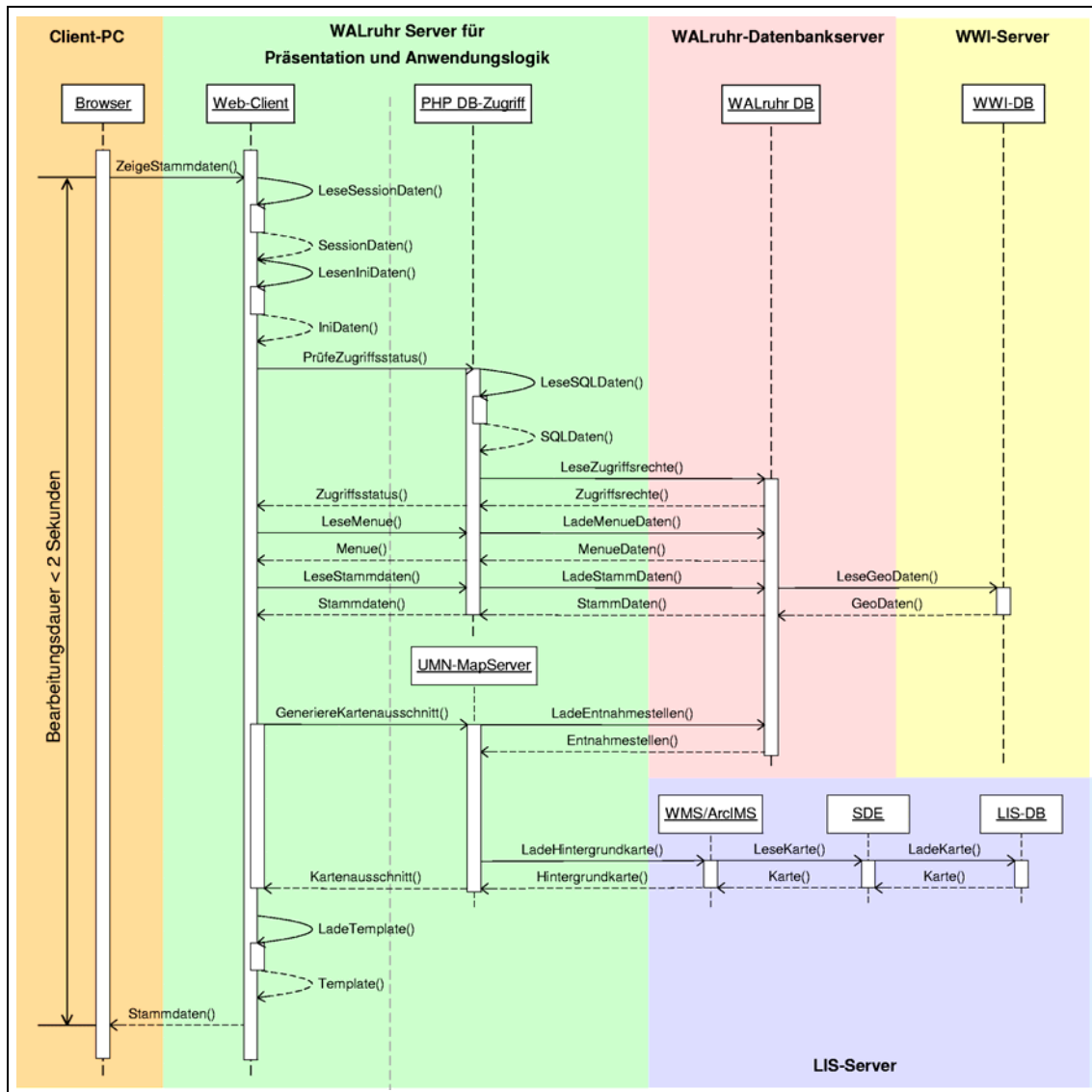


Abb. 8.6: Ablaufschema eines Programmaufrufes

Damit werden die komplexen Vorgänge, die ein Nutzer durch einen Programmaufruf innerhalb der Webapplikation WALruhr auslöst, veranschaulicht und die unterschiedlichen vom Aufruf betroffenen Komponenten visualisiert. Hervorgehoben werden u. a. auch die verteilte Struktur und die verschiedenen Systeme mit teilweise anderen Architekturen, die bei der Anfrage konsultiert werden. Abschließend sei auf die kurze Gesamtbearbeitungsdauer der vielen Teilprozesse hingewiesen.

---

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

Das mit der vorliegenden Master Thesis entwickelte Programmsystem WALruhr erfüllt die in Kap. 4 definierten Anforderungen und stellt ein leistungsfähiges System zur Verwaltung und räumlichen Analyse von Wasserentnahmedaten im Einzugsgebiet der Ruhr zur Verfügung.

Realisiert wurden in diesem Zusammenhang u. a. die Stammdatenverwaltung, die Verarbeitung und die entnehmerbezogene sowie räumliche Auswertung der Wasserentnahmedaten. Durch den schichtenbasierten Aufbau und die 'offene' Architektur des Programmsystems WALruhr, den Gebrauch von Standards und 'offenen Schnittstellen' sowie die Nutzung von entsprechenden Softwareprodukten konnten die im Rahmen der Umfeldanalyse identifizierten Programmsysteme integriert und das Potential der verteilten (geographischen) Datenverarbeitung genutzt werden. Der Einsatz von Webtechnik ermöglicht den Zugriff auf die Applikation von jedem am Internet angeschlossenen Computer aus, ohne dabei auf die Verwendung von Spezialsoftware angewiesen zu sein. Durch die Integration eines WebGIS-Moduls werden innerhalb der Webapplikation graphische Lageinformationen angeboten, die den Anwender bei der Nutzung des Systems unterstützen.

Im Verlauf der Entwicklungsarbeiten wurden vielseitige **Erfahrungen** gewonnen – vorrangig bei dem Entwurf der Systemarchitektur und den Möglichkeiten zur verteilten geographischen Datenverarbeitung im Internet. Der komponentenbasierte Aufbau der Applikation bietet ein hohes Maß an Flexibilität und die Gelegenheit zur Delegation von Verantwortlichkeiten für Applikationsbereiche. Liegt die Verantwortung zur Erstellung einer solchen Applikation jedoch bei nur einer Person, ist – im Gegensatz zur Entwicklung eines in sich abgeschlossenen Systems mit einer Programmiersprache – ein hohes Maß an Fachwissen für alle innerhalb der Applikation verwendeten Komponenten Voraussetzung.

Aufgrund der Verfügbarkeit von offenen Schnittstellen und Standards konnte das System WALruhr so entwickelt werden, dass eine verteilte geographische Datenverarbeitung ermöglicht wird. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass herstellerseitig von diesen Standards auch abgewichen bzw. auf eine vollständige Implementierung verzichtet wird, wodurch der Aufwand für die Systementwicklung zunimmt. Ein Entwicklungstrend weg von monolithischen hin zu interoperablen Systemen basierend auf offenen Schnittstellen und Standards ist jedoch deutlich erkennbar. Innerhalb der

Applikation WALruhr werden zusätzlich softwaretechnische Synergieeffekte von kommerziellen Produkten und Open-Source-Projekten genutzt.

Nach Abschluss des Projektes 'Entwicklung eines Informationssystems zur Verwaltung und räumlichen Analyse von Wasserentnahmedaten im Einzugsgebiet der Ruhr' und den ersten praktischen Erfahrungen im Umgang mit dem Programmsystem WALruhr ergeben sich Entwicklungs- und Optimierungsmöglichkeiten, die abschließend im Rahmen eines **Ausblicks** formuliert werden.

Insbesondere zur Verbesserung der Ergebnisse aus den räumlichen Auswertungen sollten die aus dem System ENNE übernommenen Stammdaten erneut mit den Informationen der Entnehmer abgeglichen werden. Dies kann außerhalb der jährlichen routinemäßigen Abfrage der monatlichen Wasserentnahmedaten erfolgen, um die Webapplikation WALruhr der zukünftigen Anwendergruppe im Rahmen eines ersten Praxistests vorzustellen.

Aus technischer Sicht ist das Optimierungspotential innerhalb des Programmsystems WALruhr z. B. durch 'Datenbank-Tuning' auszuschöpfen. Zudem sind entsprechende Erfahrungen aus dem Praxistest zu berücksichtigen. Möglichkeiten zur Weiterentwicklung bestehen in der dynamischen Bereitstellung z. B. von Gangliniengraphiken innerhalb der Datenauswertung und von PDF-Dokumenten (Portable Document Format) als Beleg für die eingegebenen Wasserentnahmedaten. Eine Verschlüsselung der Daten bei der Übertragung vom WebClient zum Server sollte aus sicherheitstechnischen Aspekten implementiert werden.

Vor dem Hintergrund der umfangreichen technischen Möglichkeiten zur Realisierung einer Applikation und des Trends zur Nutzung von Applikationen über das Web sollten auch die Bedürfnisse der Systemanwender Berücksichtigung finden. "The power of the Web is in its universality. Access by everyone regardless of disability is an essential aspect." (Tim Berners-Lee – W3C Director –, in: WORLD WIDE WEB CONSORTIUM 2004)

Im Hinblick auf die 'Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz' (vgl. BUNDESGESETZBLATT 2002) ist die Applikation WALruhr anzupassen. Bei der Systementwicklung wurden bereits Grundlagen für eine spätere barrierefreie Nutzung berücksichtigt.

Aufgrund der 'offenen' Architektur des Systems WALruhr und der flexiblen Weboberfläche ist es möglich, weitere Datenbestände zu integrieren oder durch eine Erweiterung der Applikation mit dieser zu verwalten. Für Datenbestände, die nicht in direktem fachlichen Bezug zur Applikation WALruhr stehen, besteht die Möglichkeit, weitere Applikationen basierend auf der bestehenden Technik zu entwickeln. Als konkretes Beispiel seien hier die täglichen Niederschlagssummen der nicht an die Datenfernübertragung angeschlossenen Regenmesser genannt, die monatlich der Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie des Ruhrverbands schriftlich zugestellt werden. Diese werden zurzeit noch über ein dateibasiertes Programmsystem verwaltet.

Mit den dargestellten Entwicklungsmöglichkeiten werden Perspektiven sowohl für die Fortführung des Systems WALruhr als auch für die Realisierung weiterer Arbeitsabläufe, basierend auf der verwendeten Technik, aufgezeigt. In diesem Zusammenhang können im Rahmen weiterer Projekte die angewandte Technik sowie getätigte Investitionen genutzt werden. Zudem können die während der Entwicklung des Programmsystems WALruhr gewonnenen Erfahrungen eingebracht werden.

Bereits mit dem derzeitigen Entwicklungsstand unterstützt das System WALruhr die Entscheidungen bei der Talsperrensteuerung und trägt mit den bereitgestellten Informationen zur Optimierung der Wassermengenbewirtschaftung im Einzugsgebiet der Ruhr bei. Damit leistet das Programmsystem WALruhr auch einen Beitrag im Sinne des Leitsatzes der EU-Wasserrahmenrichtlinie:

"Wasser ist keine übliche Handelsware, sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss". (EU-WRRL 2002)

---

## Literaturverzeichnis

- BARTELME, N. (2000): Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York u. a., S. 285-344.
- BEHR, F.-J. (1998): Strategisches GIS-Management – Grundlagen und Schritte zur Systemeinführung. Wichmann-Verlag, Heidelberg.
- BILL, R. (1999): Grundlagen der Geo-Informationssysteme – Band 1 Hardware, Software und Daten. Wichmann-Verlag, Heidelberg.
- BODE, H. und MORGENSCHWEIS, G. (2001): Beitrag der Talsperren zum Flussgebietsmanagement im Einzugsgebiet der Ruhr. In: Schriftenreihe der Arbeitsgemeinschaft der Trinkwassertalsperren (ATT), Bd. 3, Verlag R. Oldenbourg, München, S. 69-94.
- BUNDESGESETZBLATT (2002): Verordnung zur Schaffung Barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz (Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung – BITV). Jg. 2002, Teil I Nr. 49, Bonn, 23.07.2002. <http://www.bgbportal.de/BGBL/bgb11f/bgb1102s2654.pdf> (2004-11-18).
- CCGIS und TERRESTRIS (Hrsg. 2004): Praxishandbuch – WebGIS mit Freier Software. [http://www.mapbender.org/download/Praxishandbuch\\_WebGIS\\_Freie\\_Software.pdf](http://www.mapbender.org/download/Praxishandbuch_WebGIS_Freie_Software.pdf) (2004-07-13).
- CHEN, P. P. (1976): The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. In: ACM Transactions on Database Systems, Vol. 1, No. 1, P. 9-36. <http://bit.csc.lsu.edu/~chen/pdf/erd.pdf> (2004-10-21).
- DE LANGE, N. (2002): Geoinformatik in Theorie und Praxis. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York u. a., S. 273-308.
- ESRI (Hrsg. 2001): ESRI Support Center – HowTo: Perform a Direct Connect to an Oracle database that stores Oracle spatial data. <http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.techarticles.articleShow&d=20652> (2004-08-25).
- ESRI (Hrsg. 2003): Spatial Data Standards and GIS Interoperability – An ESRI White Paper. <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/spatial-data-standards.pdf> (2004-08-09).
- ESRI (Hrsg. 2004a): Systems Integration Technical Brief – ArcSDE Tiered Hardware Configurations. Redlands. [http://www.esri.com/systemsint/kbase/docs/arcscde\\_tiered\\_hardwareconfigurations.pdf](http://www.esri.com/systemsint/kbase/docs/arcscde_tiered_hardwareconfigurations.pdf) (2004-08-07).
- ESRI (Hrsg. 2004b): Understanding ArcSDE. [http://downloads.esri.com/support/documentation/sde/706Understanding\\_ArcSDE.pdf](http://downloads.esri.com/support/documentation/sde/706Understanding_ArcSDE.pdf) (2004-10-20).

- EU-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. Luxemburg. [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2000/l\\_327l\\_32720001222de00010072.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/de/oj/dat/2000/l_327l_32720001222de00010072.pdf) (2004-06-23).
- FISCHER, T. (2003): UMN MapServer 4.0 – Handbuch und Referenz. MapMedia, Berlin.
- FRANCICA, J. (2003): The Direction of Oracle's Spatial Strategy. [http://www.directionsmag.com/article.php?article\\_id=307](http://www.directionsmag.com/article.php?article_id=307) (2004-08-07).
- GILDEMEISTER, A. (2003): Sehr abstrakt – DBMS-Abstraktionslayer-Portabilität, Flexibilität und SQL-Dialekte. In: PHP Magazin, Software & Support Verlag, Frankfurt a.M., H. 2, S. 37-40.
- HERTER, M., HÖCK, M. und JACOBI, M. (1999): Avenue – Programmierung in ArcView GIS. Eigenverlag, Freising.
- INSTITUT FÜR HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT DER UNIVERSITÄT KARLSRUHE (Hrsg. 1994): Programmdokumentation EZVOR – Kurzfristige Vorhersage der täglichen Entziehungswassermengen. Eigenverlag, Karlsruhe.
- LERDORF, R. und TATROE, K. (2002): PHP – Programming. O'Reilly Verlag, Beijing/Cambridge/Farnham/Köln u.a.
- LONEY, K. und THERIAULT, M. (2002): Oracle 9i – DBA-Handbuch. Carl Hanser Verlag, München und Wien, S. 79-85.
- LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J. and RHIND, D. J. (2001): Geographic Information – Systems and Science. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester/ New York/Weinheim/Brisbane u.a., S. 165-169.
- MATTHIESSEN, G. und UNTERSTEIN, M. (2000): Relationale Datenbanken und SQL – Konzepte der Entwicklung und Anwendung. Addison-Wesley Verlag, München/Boston/San Francisco/Harlow u.a.
- MICROSOFT (Hrsg. 2004): MSDN Library – Data Access – The Microsoft open Database Connectivity (ODBC). <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/odbc/htm/dasdkodbcoverview.asp> (2004-10-03).
- MORGENSCHWEIS, G. (1995): Kurzfristige Vorhersage der Wasserentnahmen aus einem Flussgebiet. – Proceedings der 8. Wissenschaftlichen Tagung des Deutschen Verbands für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) an der Ruhr-Universität Bochum, 15 S.

- MORGENSCHWEIS, G. (2000): Wasserversorgung des Ballungsraumes Ruhrgebiet: Bisherige Entwicklung und gegenwärtige Struktur. In: HÜLSTER, A., KRÄMER K. und LANGE, M. (Hrsg.): Wasser – Nachhaltiges Management einer natürlichen Ressource. Ecomed-Verlag, Landsberg, S. 35-55.
- MORGENSCHWEIS, G. (2001): Echtzeitbewirtschaftung eines Flussgebietes am Beispiel der Ruhr. Wasserwirtschaft (91), 12, S. 575-581.  
<http://www.ruhrverband.de/mm/leitzentrale/content/veroeffentlichungen/echtzeitbewirtschaftung.pdf> (2004-06-10).
- OBJECT MANAGEMENT GROUP (Hrsg. 2003): OMG Unified Modeling Language Specification. <http://www.omg.org/docs/formal/03-03-01.pdf> (2004-06-23).
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (Hrsg. 2004): Web Map Service.  
[http://portal.opengis.org/files/?artifact\\_id=5316](http://portal.opengis.org/files/?artifact_id=5316) (2004-10-01).
- OPEN GIS CONSORTIUM (Hrsg. 1999): OpenGIS Simple Feature Specification for SQL 1.1. <http://www.opengeospatial.org/docs/99-049.pdf> (2004-10-15).
- OPEN GIS CONSORTIUM (Hrsg. 2003): OpenGIS – Web Map Server Cookbook.  
<http://www.ogcnetwork.org/docs/03-050r1.pdf> (2004-10-19).
- ORACLE (Hrsg. 2002a): Oracle Spatial – User’s Guide and Reference – Release 9.2.  
[http://download.oracle.com/docs/pdf/A96630\\_01.pdf](http://download.oracle.com/docs/pdf/A96630_01.pdf) (2004-08-16).
- ORACLE (Hrsg. 2002b): Oracle Spatial – An Oracle Technical White Paper.  
[http://www.oracle.com/technology/products/spatial/pdf/9iR2\\_spatial\\_twp.pdf](http://www.oracle.com/technology/products/spatial/pdf/9iR2_spatial_twp.pdf) (2004-08-16).
- ORACLE (Hrsg. 2003): Oracle Spatial – Best Practices. [http://otn.oracle.com/products/spatial/pdf/spatial\\_best\\_practices.pdf](http://otn.oracle.com/products/spatial/pdf/spatial_best_practices.pdf) (2004-08-07).
- RENZ, F.-W. und MANIAK, U. (1985): Das Talsperrensystem Ruhr – 1. Fortbildungslehrgang Wasserwirtschaft des DVWK, München, Teil E., S. 1-51.
- RIGAUX, P., SCHOLL, M. and VOISARD, A. (2002): Spatial Databases – With application to GIS. Academic Press, San Diego, S. 352-372.
- RISSLER, P. (2000): Der Weg hin zum Ruhrtalsperrenverein. In: RUHRVERBAND (Hrsg.): 100 Jahre ganzheitliche Wasserwirtschaft an der Ruhr. – Perspektiven und Chancen. Parey-Verlag, Berlin, S. 89-102.
- RUHRVERBAND (Hrsg. 1998): Veranlagungsrichtlinien. Eigenverlag, Essen.
- RUHRVERBAND (Hrsg. 2003): Ruhrwassermenge 2002. Eigenverlag Essen, S. 19-20.  
[http://www.ruhrverband.de/mm/leitzentrale/content/veroeffentlichungen/ruhrwassermenge\\_2002.pdf](http://www.ruhrverband.de/mm/leitzentrale/content/veroeffentlichungen/ruhrwassermenge_2002.pdf) (2004-06-10).

- RUHRVERBAND und RUHRTALSPERRENVEREIN (Hrsg. 1988): 1913-1988, 75 Jahre Ruhrverband Ruhrtalsperrenverein – Im Dienst für die Ruhr. Eigenverlag, Essen.
- RuhrVG (1990): Gesetz zur Änderung wasserverbandsrechtlicher Vorschriften für das Einzugsgebiet der Ruhr: Gesetz über den Ruhrverband (RuhrVG), 7. Februar 1990, Gesetz und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (44), Nr. 21.
- SAMAR, R. und STOCKER, C. (2002): PHP de Luxe – Fortgeschrittene PHP-Programmierung. mitp Verlag, Bonn.
- STROBL, J. (2001): Online-GIS – das WWW als GIS-Plattform. In Herrmann C. und Asche H. (Hrsg.): Web.Mapping 1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet. Wichmann-Verlag, Heidelberg, S. 18-29.
- SWEAT, J. E. (2001): Using PHP to Develop Three-Tier Architecture Applications – Part 1. <http://www.zend.com/zend/tut/tutsweatpart1.php> (2004-06-26).
- VAN DEN EIJNDEN, B. (2004): MapServerWiki – Oracle Spatial. <http://mapserver.gis.umn.edu/cgi-bin/wiki.pl?OracleSpatial> (2004-08-24).
- VRSALOVIC, V. (2004): PHP Mapsript 4.0 By Example HOWTO. <http://mapserver.gis.umn.edu/doc/phpmapsript-byexample-howto.html> (2004-10-22).
- WILLIAMS, H. E. und LANE, D (2000): Web Datenbank Applikationen – mit PHP & MySQL. O'Reilly Verlag, Beijing/Cambridge/Farnham/ Köln u.a., S. 1-19.
- WOLFF, M. (2004): Wer bist du? – Benutzerauthentifizierung mit PHP-Bordmitteln und –Klassenbibliotheken. In: PHP Magazin, Software & Support Verlag, Frankfurt a.M., H. 3, S. 30-44.
- WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (Hrsg. 2004): Web Accessibility Initiative. <http://www.w3.org/WAI/> (2004-11-18).
- ZEND (Hrsg. 2004): Zend API Documentation. <http://www.zend.com/apidoc/> (2004-08-08).
- ZUR STRASSEN, G. und MORGENSCHWEIS, G. (2002): Wassermengenbewirtschaftung im Einzugsgebiet der Ruhr. In: BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (Hrsg.): Schriftenreihe Veranstaltungen Nr. 1/2003. Koblenz, S. 7-20.

---

## Abkürzungsverzeichnis

AF	monatlicher Aufteilungsfaktor
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
ArcIMS	Internet Map Server (Arc = Produktfamilie der Firma ESRI)
ArcSDE	Spatial Database Engine (Arc = Produktfamilie der Firma ESRI)
ArcView	Desktop GIS der Firma ESRI
ASC	Application-Server-Connect
Avenue	Programmiersprache unter ArcView
C API	API in der Programmiersprache C
CAD	Computer Aided Design
CGI	Common Gateway Interface
CSDGM	Content Standard for Digital Geospatial Metadata
CSS	Cascading Style Sheets
DB	Datenbank
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DBS	Datenbanksystem
DC	Direct Connect
DCMI	Dublin Core Metadata Initiative
DGK5	Deutsche Grundkarte Maßstab 1:5000
DIN	Deutsches Institut für Normungen e.V.
DOS	Disk Operating System
DV	Datenverarbeitung
DWD	Deutscher Wetterdienst
ENNE	Entnehmer (Programmsystem)
ERD	Entity-Relationship-Diagramm
ESRI	Environmental System Research Institut
EU-WRRL	Europäische Union – Wasserrahmenrichtlinie
EZG	Einzugsgebiet
EZVOR	Entziehungs-Vorhersagemodell
FGDC	Federal Geographic Data Committee
FK-SAP	Finanzen Bereich Kunden-SAP siehe auch SAP R/3 SD-V
FORTTRAN 77	Formula Translation 1977

GIS / GI-System	Geographisches Informationssystem oder Geo-Informationssystem
GIV	Geographische Informationsverarbeitung
GNU	Rekursives Akronym für GNU's Not UNIX
GUI	Graphical User Interface
HF	monatlicher Hochrechnungsfaktor
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protokoll
ID	Identity (eindeutiger Schlüssel)
IEC	International Engineering Consortium
IMS	Internet Map Server
INI-Datei	Initialisierungsdatei
ISO	International Standardisation Organisation
ISO 19125	ISO Standard 'Geographic information – Simple feature access'
ISO/IEC 9075	ISO Standard 'Information technology – Database languages – SQL'
ISO/TC 211	ISO Technical committee 211: 'Geographic information/Geomatics'
ITX	Integrated Template Extension
KJ	Kalenderjahr
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LIS	Liegenschafts-Informationssystem
LIS-IMS	Liegenschafts-Informationssystem – Modul Internet Map Server
ODBC	Open Database Connectivity
ODE	Open Development Environment
OGC	Open Geospatial Consortium Inc. (vorm. Open GIS Consortium Inc.)
OMG	Object Management Group
PC	Personal Computer
PDF	Portable Document Format
PEAR	PHP Extension and Add-On Repository
PHP	Rekursives Akronym für PHP: Hypertext Preprocessor
PostGIS	GIS-Erweiterung der PostgreSQL Datenbank
QuickBASIC 4.0	Quick Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code Version 4.0
RIS	Ruhrverband-Informationssystem
RRM	Real-Time River Management
RTG	Ruhrtalsperrengesetz

RuhrVG	Ruhrverbandsgesetz
SAP R/3 SD-V	Systeme Anwendungen Produkte Modul Realtime/3 Sales & Distribution – Veranlagung (Veranlagungs-Modul des Ruhrverbands)
SDE	Spatial Database Engine
SDO	Spatial Data Option
SFS	Simple Feature Specification – for SQL des OGC
SQL	Structured Query Language
SQL-MM	SQL multimedia and application packages
TAENT	Tägliche Entnahmen (Programmsystem)
TK25	Topographische Karte im Maßstab 1:25000
TurboPascal 6.0	TurboPascal Version 6.0
UML	Unified Modeling Language
UMN	University of Minnesota
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web (WWW) Consortium
WALruhr	Water Abstraction and Losses in the Ruhr Catchment Area
WMS	Web-Map-Service
WWI	Wasserwirtschaftliches Informationssystem
WWJ	Wasserwirtschaftsjahr (WWJ 2002 entspricht dem Zeitraum 1. Nov. 2001 – 31. Okt. 2002)
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language


---

## **Anhang**

<b>Anhang A: Abbildungen</b> .....	<b>89</b>
A1: Fragebögen zur Entnehmerbefragung .....	89
A2: Screenshots des Programmsystems WALruhr .....	91
<b>Anhang B: Quellcode Ausschnitte</b> .....	<b>93</b>
B1: SQL-Anweisungen und Trigger.....	93
B2: Avenue-Programm-Code .....	95
B3: PHP-Programm-Code .....	97
B4: Konfiguration des UMN-MapServer über die Map-Datei .....	101
<b>Anhang C: Vergrößerte Darstellung von Abbildungen</b> .....	<b>104</b>

# Anhang A: Abbildungen

## A1: Fragebögen zur Entnehmerbefragung



Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie  
Kronprinzenstraße 37 · 45128 Essen  
Tel. 02 01/178-2664 · Fax 02 01/178-2605

---

**An den  
Ruhrverband  
Abteilung MM  
Postfach 10 32 42  
  
45032 Essen**

**MITTELBARE ENTNAHME VON GRUND-,  
QUELL- UND OBERFLÄCHENWASSER**

Die mittelbare Entnahme erfolgt aus Wassergewinnungsanlagen, die sowohl Zulauf von Grundwasser als auch von infiltriertem Wasser aus Vorflutern, Stauhaltungen und/oder Anreicherungsbecken erhalten.

Wasserentnahme aus dem öffentlichen Netz ist nicht mit anzugeben!

Lfd. Nr.	Gruppe	Kartei-Nr.

ja    nein

Es erfolgt Entnahme für Kühlzwecke

Wenn ja, für

Frischwasserkühlung

Offenen Kühlturbetrieb

Geschlossenen Kühlkreislauf

---

Die angegebenen Entnahmemengen wurden  
mit \_\_\_\_\_ \*)

gemessen

rechnerisch ermittelt

geschätzt

\*) Bitte hier benutztes Meßgerät angeben

Die Wasserentnahme betrug in den einzelnen Monaten des Wasserwirtschaftsjahres 2000  
aus der Entnahmestelle \_\_\_\_\_

	Gesamt- entnahmemengen m <sup>3</sup>	Entnahme in Klasse A m <sup>3</sup>	Entnahme in Klasse B m <sup>3</sup>	Entnahme in Klasse C1 m <sup>3</sup>	Entnahme in Klasse C2 m <sup>3</sup>
November 1999					
Dezember 1999					
Januar 2000					
Februar 2000					
März 2000					
April 2000					
Mai 2000					
Juni 2000					
Juli 2000					
August 2000					
September 2000					
Oktober 2000					
zusammen:					

max. Entnahme \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/Tag am: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/s am: \_\_\_\_\_

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

Sachbearbeiter beim Entnehmer \_\_\_\_\_ Fernruf: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, den \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_  
Unterschrift und Stempel

Klasse A = Entnahmemenge, die durch Überpumpen, Verdunstung u.ä. dem Wasserschatz des Ruhreinzugsgebietes verlorengeht  
 Klasse B = Entnahme für öffentliche Wasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet  
 Klasse C1 = Entnahme zu industriellen Zwecken im Ruhreinzugsgebiet  
 Klasse C2 = Entnahme zu Kühlzwecken im Ruhreinzugsgebiet

Abb. A1.1: Fragebogen zur Entnehmerbefragung mit ENNE


 <p><b>Ruhrverband</b></p> <p>Abteilung Mengenwirtschaft und Morphologie Kronprinzenstraße 37 · 45128 Essen Tel. 02 01/1 78-2664 · Fax 02 01/178-2605</p>	<p><b>ENTNAHME AUS OBERFLÄCHENWASSER</b></p> <p>Oberflächenwasser wird unmittelbar aus Vorflutern oder Stauhaltungen entnommen.</p>																																																																						
<p>Ruhrverband Abteilung MM Postfach 10 32 42 45032 Essen</p>	<p>Wasserentnahmen aus dem öffentlichen Netz sind nicht mit anzugeben!</p> <p>Entnahmenummer</p> <p><b>1004 / 177 / 769001 / EOW</b></p> <p>Wenn eine Entnahme für Kühlzwecke (C2) erfolgte, wurde diese verwendet für:</p> <p>Frischwasserkühlung <input type="checkbox"/></p> <p>Offenen Kühltumbetrieb <input type="checkbox"/></p> <p>Geschlossenen Kühlkreislauf <input type="checkbox"/></p> <p>Die angegebene Entnahmemenge wurde mit _____ *)</p> <p>gemessen <input type="checkbox"/></p> <p>rechnerisch ermittelt <input type="checkbox"/></p> <p>geschätzt <input type="checkbox"/></p> <p>*) Bitte hier benutztes Messgerät angeben</p>																																																																						
<p>Die Wasserentnahme betrug in den einzelnen Monaten des Wasserwirtschaftsjahres <b>2004</b> aus der Entnahmestelle <b>Brunnen 1 (RW:3419230/HW:5678290)</b>:</p>																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">Entnahmen in Klasse A [m³]</th> <th style="width: 15%;">Entnahmen in Klasse B [m³]</th> <th style="width: 15%;">Entnahmen in Klasse C1 [m³]</th> <th style="width: 15%;">Entnahmen in Klasse C2 [m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>November 2003</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dezember 2003</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Januar 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Februar 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>März 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>April 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mai 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Juni 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Juli 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>August 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>September 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Oktober 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Gesamt 2004</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Entnahmen in Klasse A [m³]	Entnahmen in Klasse B [m³]	Entnahmen in Klasse C1 [m³]	Entnahmen in Klasse C2 [m³]	November 2003					Dezember 2003					Januar 2004					Februar 2004					März 2004					April 2004					Mai 2004					Juni 2004					Juli 2004					August 2004					September 2004					Oktober 2004					Gesamt 2004				
	Entnahmen in Klasse A [m³]	Entnahmen in Klasse B [m³]	Entnahmen in Klasse C1 [m³]	Entnahmen in Klasse C2 [m³]																																																																			
November 2003																																																																							
Dezember 2003																																																																							
Januar 2004																																																																							
Februar 2004																																																																							
März 2004																																																																							
April 2004																																																																							
Mai 2004																																																																							
Juni 2004																																																																							
Juli 2004																																																																							
August 2004																																																																							
September 2004																																																																							
Oktober 2004																																																																							
Gesamt 2004																																																																							
<p>max. Entnahme: _____ m³/Tag am: _____ m³/s am: _____</p> <p>Bemerkung: _____</p> <p>Sachbearbeiter beim Entnehmer: _____ Telefon: _____</p>																																																																							
<p>Ort, Datum _____</p>	<p>Unterschrift und Stempel _____</p>																																																																						
<p>Klasse A = Entnahmen, die durch Überpumpen, Verdunstung u.ä. dem Wasserschatz des Ruhreinzugsgebietes verloren gehen</p> <p>Klasse B = Entnahmen für öffentliche Wasserversorgung im Ruhreinzugsgebiet</p>	<p>Klasse C1 = Entnahmen zu industriellen Zwecken im Ruhreinzugsgebiet</p> <p>Klasse C2 = Entnahmen zu Kühlzwecken im Ruhreinzugsgebiet</p>																																																																						

Abb. A1.2: Fragebogen zur Entnehmerbefragung mit WALruhr

## A2: Screenshots des Programmsystems WALruhr

The screenshot shows the WALruhr web application interface. The title bar indicates 'WALruhr Webapplikation - Netscape'. The main header features the 'Ruhrverband' logo and the text 'WALruhr'. Below the header, there are navigation tabs: 'Patrick Huy', 'Datenauswertung', 'Stammdaten', 'Entnahmedaten', 'Datenerfassung', and 'Admin'. The 'Datenauswertung' tab is active, displaying a sidebar menu on the left and a data table on the right.

**Datenauswertung**

- Übersicht (WWJ)
- Übersicht (KJ)
- Entnahme (WWJ)
- Entnahme (KJ)
- Entziehung (WWJ)
- Entziehung (KJ)
- Kühlwasser Vergleich
- Auswertung für EZG
- Datenabgleich FK Gesamt
- Aktuelles WWJ
- AF u. HF Mündung Villigst
- AF u. HF Alle
- WWJ Status

**Aufteilung- und Hochrechnungsfaktoren für Mündung und Villigst**

WWJ	MONAT	JAHR	AF VILLIGST	HF VILLIGST	AF MUENDUNG	HF MUENDUNG
2003	11	2002	0,946	1,196	0,845	1,212
2003	12	2002	0,945	1,173	0,836	1,206
2003	1	2003	0,931	1,219	0,839	1,223
2003	2	2003	0,934	1,199	0,843	1,220
2003	3	2003	0,931	1,196	0,839	1,213
2003	4	2003	0,931	1,181	0,843	1,202
2003	5	2003	0,933	1,170	0,839	1,177
2003	6	2003	0,938	1,145	0,853	1,149
2003	7	2003	0,935	1,142	0,846	1,150
2003	8	2003	0,939	1,134	0,853	1,141
2003	9	2003	0,929	1,168	0,845	1,158
2003	10	2003	0,931	1,179	0,846	1,167

© Ruhrverband, Essen    home    hilfe    kontakt    impressum    anmelden    abmelden

Abb. A2.1: Screenshot WALruhr Aufteilungs- und Hochrechnungsfaktoren

The screenshot shows the 'Lagebestimmung der Entnahmestelle' (Location determination of the intake point) screen in the WALruhr web application. The title bar indicates 'WALruhr -> Georeferenzierung Webapplikation - Netscape'. The screen is divided into a data entry section on the left and a map on the right.

**Lagebestimmung der Entnahmestelle**

Nummer: 1057101  
 Bezeichnung: Brunnen 2  
 Entnahmeort: Werk 1  
 Entnehmer: Muster-Werke GmbH

**Neue Lage**

Rechtswert: 3413488  
 Hochwert: 5681470

**Legende**

- alte Lage
- neue Lage
- weitere Entnahmestellen

**Positionierung**

The map on the right shows a site plan with several colored markers: a red dot for 'alte Lage', a green dot for 'neue Lage', and blue dots for 'weitere Entnahmestellen'. The map includes a toolbar with navigation icons and a help icon.

Abb. A2.2: Screenshot WALruhr Editieren der Lage einer Entnahmestelle

WALruhr Webapplikation - Netscape

**Ruhrverband** WALruhr

Patrick Huy [Datenauswertung](#) | [Stammdaten](#) | [Entnahmedaten](#) | [Datenerfassung](#) | [Admin](#)

**Datenerfassung**

**Entnehmer:**  
Muster-Werke GmbH  
auswahl

**Entnahmeort:**  
Werk 1  
auswahl

**Entnahmestelle:**  
Brunnen 2  
auswahl >

Eingaben speichern

**Wasserentnahmen des Wasserwirtschaftsjahres 2004**

Entnahmestelle	1057101
Bezeichnung	Brunnen 2
Entnahmeort	Werk 1
Entnehmer	Muster-Werke GmbH

**Wenn eine Entnahme für Kühlzwecke (C2) erfolgte wurde diese verwendet für:**

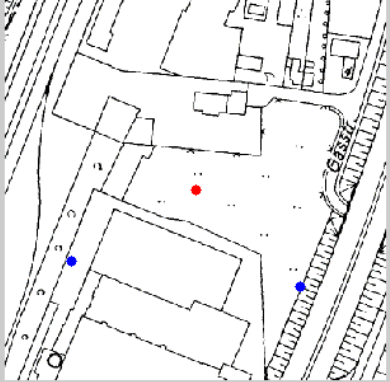
Frischwasserkühlung	<input type="checkbox"/>
Offenen Kühlturbetrieb	<input type="checkbox"/>
Geschlossener Kühlkreislauf	<input type="checkbox"/>

**Die angegebene Entnahmemenge wurde mit:**

Bitte benutztes Messgerät angeben!

gemessen	<input type="checkbox"/>
rechnerisch ermittelt	<input type="checkbox"/>
geschätzt	<input type="checkbox"/>

Gewählte Entnahmestelle ist rot hervorgehoben!



**Wasserentnahmen der einzelnen Monate**

Monat	Jahr	Klasse A [m³]	Klasse B [m³]	Klasse C1 [m³]	Klasse C2 [m³]
November	2003				
Dezember	2003				
Januar	2004				
Februar	2004				
März	2004				
April	2004				
Mai	2004				
Juni	2004				
Juli	2004				
August	2004				
September	2004				
Oktober	2004				
Gesamt	2004				

	m³/Tag	Datum	m³/s	Datum
max. Entnahme				

Bemerkung

© Ruhrverband, Essen [home](#) | [hilfe](#) | [kontakt](#) | [impressum](#) | [anmelden](#) | [abmelden](#)

Abb. A2.3: Screenshot WALruhr Datenerfassung

---

## Anhang B: Quellcode Ausschnitte

Die Quellcode-Abschnitte des Programmsystems WALruhr, auf die innerhalb des Textteils verwiesen wird, werden im Folgenden teilweise kommentiert sowie ausschnittsweise (`<--snip-->`) oder als Screenshots dargestellt. Dazu zählen im Wesentlichen SQL-Anweisungen, PHP-Programm-Code, Konfigurations-Code aus dem Mapfile – der Layoutdatei des MapServers – und Avenue-Programm-Code.

### B1: SQL-Anweisungen und Trigger

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER insert_entnahme_monat
BEFORE INSERT ON ed_entnahme_monat
FOR EACH ROW

BEGIN
  IF (:NEW.ent_wwj_jahr IS NULL) THEN
    IF (:NEW.ent_monat>10) THEN
      :NEW.ent_wwj_jahr:= :NEW.ent_jahr+1;
    ELSE
      :NEW.ent_wwj_jahr:= :NEW.ent_jahr;
    END IF;
  END IF;

END;
```

Code B1.1: Trigger – Ermittlung des Wasserwirtschaftsjahres

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER insert_geopunkt
BEFORE INSERT ON gd_geopunkt
FOR EACH ROW

DECLARE
  newX FLOAT;
  newY FLOAT;

BEGIN
  -- Normalisierung der eingegebenen Koordinaten auf den jeweiligen Meridianstreifen
  geo_pkg.Gk2NormalizedGk(:NEW.gk_x, :NEW.gk_y, newX, newY);
  :NEW.gk_x_os := ROUND(newX);
  :NEW.gk_y_os := ROUND(newY);
  -- Umrechnung der eingegebenen Koordinaten auf den Standard (3ter) Meridianstreifen
  -- und Speicherung als Geometrieobjekt
  geo_pkg.Gk2StandardGk(:NEW.gk_x, :NEW.gk_y, newX, newY);
  :NEW.shape := MDSYS.SDO_GEOMETRY
    (2001, NULL, MDSYS.SDO_POINT_TYPE (ROUND(newX), ROUND(newY), NULL), NULL, NULL);

END;
```

Die Prozedur 'geo\_pkg' enthält die eigentlichen Funktionen zur Koordinatenumrechnung, die über den Trigger angesprochen werden.

Code B1.2: Trigger – Umrechnung der eingegebenen Koordinaten

SQL Window - select ENT\_WWJ\_JAHR as Wasserwir ...

SQL | Output | Statistics

```

select
  ENT_WWJ_JAHR as Wasserwirtschaftsjahr,
  to_char(round(sum((ENT_A_M3M+ENT_B_M3M+ENT_C1_M3M+ENT_C2_M3M)/1000000),1),
    '9990D9','NLS_NUMERIC_CHARACTERS=','') as Gesamtentnahme,
  to_char(round(sum(ENT_A_M3M/1000000),1),'9990D9','NLS_NUMERIC_CHARACTERS=','') as "Klasse A",
  to_char(round(sum(ENT_B_M3M/1000000),1),'9990D9','NLS_NUMERIC_CHARACTERS=','') as "Klasse B",
  to_char(round(sum(ENT_C1_M3M/1000000),1),'9990D9','NLS_NUMERIC_CHARACTERS=','') as "Klasse C1",
  to_char(round(sum(ENT_C2_M3M/1000000),1),'9990D9','NLS_NUMERIC_CHARACTERS=','') as "Klasse C2"
from
  ED_ENTNAHME_MONAT en, AP_WALWWJ ap
where en.ENT_WWJ_JAHR = ap.WAL_WWJ and ap.STATUS_ID>1
group by
  ENT_WWJ_JAHR
order by
  ENT_WWJ_JAHR desc

```

	WASSERWIRTSCHAFTSJAHR	GESAMTENTNAHME	Klasse A	Klasse B	Klasse C1	Klasse C2
1	2003	524,7	213,0	138,2	26,1	147,5
2	2002	519,1	203,7	135,6	24,4	155,3
3	2001	544,6	217,3	136,3	27,8	163,1
4	2000	527,7	226,5	136,4	28,8	136,0
5	1999	558,8	233,0	136,2	30,0	159,6
6	1998	602,0	235,9	135,8	30,4	199,9
7	1997	586,1	244,8	141,9	30,0	169,3
8	1996	612,8	249,0	141,5	30,8	191,5
9	1995	640,1	249,8	150,2	33,1	206,9
10	1994	629,5	256,6	151,9	33,2	187,8
11	1993	621,7	255,0	154,1	33,9	178,7
12	1992	684,0	267,8	156,5	35,9	223,8
13	1991	706,3	269,7	160,0	35,0	241,5
14	1990	704,0	269,6	161,5	41,1	231,8
15	1989	671,3	274,0	161,1	39,2	197,1
16	1988	681,7	271,4	157,3	39,4	213,7

14:3 16 rows selected in 0,561 seconds

Code B1.3: SQL – Entnahmen pro Wasserwirtschaftsjahr

**B2: Avenue-Programm-Code**

```
_DBConnection = NIL
_DBUser = NIL
_DBPassword = NIL

If (_DBConnection = Nil) Then

    _DBConnection = SQLCon.Find("WAL")
    _aktDBRole = ""

    If (_DBConnection = NIL) Then
        MsgBox.Error("ODBC-Treiber 'WAL' kann nicht gefunden werden!",
            "Aufbau der Datenbankverbindung fehlgeschlagen")
        return NIL
    End

    _DBConnection.Login("")

    If (_DBConnection.IsLogin.Not) Then
        MsgBox.Error("Unbekannte Nutzererkennung und/oder fehlerhaftes Passwort!",
            "Fehler beim Zugriff auf die Datenbank")
        _DBConnection = Nil
        return NIL
    Else
        _DBConnection.ExecutesQL("SET ROLE wal_admin")
        _aktDBRole = "wal_admin"
    End

End

If (_DBConnection = NIL) Then
    return NIL
else
    _DBConnection.ExecutesQL("alter session set CURRENT_SCHEMA= WAL")
    return TRUE
end
```

Code B2.1: Avenue – Herstellung der Datenbankverbindung WAL

```

<-- snip -->
theView.addtheme(TGTheme)
  TGTheme.SetName("Teileinzugsgebiete")
  TGTheme.SetVisible(TRUE)

' Laden der Messstationen aus der Datenbank
' -----

_WALConnect = SQLCon.Find("WAL")

theVTab      = Vtab.MakeSQL(_WALConnect,"Select * FROM v_geopunkt")
theDBcancel = theVTab.FindField("gk_x_3m")

if (theDBcancel = nil) then
  MsgBox.Error("Datenbanktabelle nicht vorhanden oder fehlerhaft!",
              "Fehler beim Zugriff auf die Datenbank")
  exit
end

DBTheme = FTheme.Make(
  FTab.Make(
    XYName.Make(theVTab,
                theVTab.FindField("gk_x_3m"),
                theVTab.FindField("gk_y_3m")
              )))

theView.addtheme(DBTheme)
DBTheme.SetName("Entnahmestellen")
DBTheme.SetVisible(TRUE)

' Spatial Join der Entnahmestellen und der Teileinzugsgebiete
' -----

TheFTabTG = TGTheme.GetFTab
TheFTabDB = DBTheme.GetFTab

TheShapeTGField = TheFTabTG.FindField("shape")
TheShapeDBField = TheFTabDB.FindField("shape")

TheFTabDB.Join (TheShapeDBField, TheFTabTG , TheShapeTGField)

' Lesen der Daten aus der Tabelle
' -----

TheIDField = TheFTabDB.FindField("GID")
TheTGField = TheFTabDB.FindField("Nummer")

for each row in TheFTabDB

  TheID = TheFTabDB.ReturnValue(TheIDField,row)
  TheTG = TheFTabDB.ReturnValue(TheTGField,row)

  ' Schreiben der Daten die WALruhr Datenbank
  ' -----

  sqlStr = "update gd_geopunkt set EZG_GIS='"+TheTG.asstring+"'"
           "where GID='"+TheID.asstring"

  _WALConnect.ExecuteSQL(sqlStr)

end

msgbox.info("Die GeoBerechnung ist abgeschlossen!","WALruhr GeoBerechnung")

```

Die Teileinzugsgebiete (TGTheme) werden über ein entsprechendes Script der WWI-Extension geladen .

### Code B2.2: Avenue – Datenverschneidung und Speicherung

## B3: PHP-Programm-Code

```

<?php
//Laden der PEAR-DB Klasse
require_once 'db/DB.php';

//Überprüfen der Benutzerrechte
$level = $_SESSION['WAL_LEVEL'];
if ($level<20)
{
    $dsn = 'oci8://wal_gast:***@MMDATA/mmdata';
}
else if (($level>19)and($level<30))
{
    $dsn = 'oci8://wal_view:***@MMDATA/mmdata';
}
<-- snip -->
else
{
    $dsn = 'oci8://wal_gast:***@MMDATA/mmdata';
}

//Herstellen der Datenbankverbindung
$options = array(
    'debug' => 2,
    'portability' => DB_PORTABILITY_ALL,);

$db =& DB::connect($dsn, $options);
if (DB::isError($db))
{
    die($db->getDebugInfo());
}
else
{
    $db-> setfetchMode(DB_FETCHMODE_ASSOC);
}
?>

```

Code B3.1: PHP – Herstellen der Datenbankverbindung

```

<?
//Einlesen der SQL-INI-Datei
$sqlstat = parse_ini_file('../conf/sql.ini');

//SQL-Funktionen

function SelectData($sql)
{
    //Datenbankverbindung
    include"../inc/db_connect.php";
    //Datenbankabfrage
    $data =& $db->query($sql);
    //Rueckgabewert
    return($data);
}

function UpdateData($sql)
{
    //Datenbankverbindung
    include"../inc/db_connect.php";
    //Datenbank SQL Anweisung
    $data =$db->query($sql);
    if (DB::isError($data))
    {$data=0;}
    else
    {$data= $db->affectedRows();}
    //Rueckgabewert
    return($data);
}
<-- snip -->

```

Code B3.2: PHP – Funktionen zum Datenbankzugriff

```

<-- snip -->
function SaveSql($config,$sql)
{
    //-aktuelles Datum
    $time = date("H:i:s");
    $date = date("Y_m_d");
    //-Sicherungsdatei erzeugen
    $file = $config[SICPATH].$date."_".$SESSION['WAL_ENTNID'].".txt";
    $filo = fopen($file, "a");
    //-SQL String zur Sicherung
    $sqlstat = "[ $date | $time ] SQL: ".$sql."\r\n";
    fputs($filo, $sqlstat);
    fclose($filo);
}
<-- snip -->

```

Code B3.3: PHP – Funktion zur zusätzlichen Datensicherung

```

<-- snip -->
//-Formulardaten einlesen
foreach($HTTP_POST_VARS as $varname => $value)
    $formVars[$varname]= $value;

//-Daten auf Fehler prüfen
$error=CheckformVars($formVars,$errors);
<-- snip -->
function CheckformVars($formVars,$errors)
{
    //-Prüfen ob die neuen Passwörter übereinstimmen
    if ($formVars["passnew"]<>$formVars["checkpassnew"])
    {
        $errors["pass"]="Die neuen Passwörter sind nicht identisch!";
    }
    <-- snip -->
    //-Fehlermeldung übergeben
    return($errors);
}

```

Code B3.4: PHP – Funktionen zur Datenvalidierung

```

<?
//-Einbindung PEAR:ITX Template Extension
require_once('../inc/tmpl/ITX.php');
//-Einlesen der WAL-INI-Datei
$config = parse_ini_file('../conf/wal.ini');

//-WALruhr-Funktionen

function ShowHead($config)
{
    //-Template-Einbinden
    $tpl = new IntegratedTemplateExtension(".");
    $tpl->loadTemplateFile("../tmpl/head.tpl.html", true, true);
    //-Layout setzen
    $tpl->setVariable("COLORFONTTITEL", "$config[COLORFONTTITEL]");
    $tpl->setVariable("COLORFONTBASE", "$config[COLORFONTBASE]");
    $tpl->setVariable("COLORBACKG", "$config[COLORBACKG]");
    $tpl->setVariable("COLORTITEL", "$config[COLORTITEL]");
    $tpl->setVariable("COLORHLINIE", "$config[COLORHLINIE]");
    //-Content
    $tpl->setVariable("WINTITEL", "$config[WINTITEL]");
    $tpl->setVariable("APPNAME", "$config[APPNAME]");
    //-Anzeigen
    $tpl->show();
}
<-- snip -->

```

Code B3.5: PHP – Funktionen zur Anzeige des Seitenkopfes

```

<-- snip -->
function CreateTable($menuupos,$titel,$status,$data,$content,$config)
{
  //-Template-Einbinden
  $tpl = new IntegratedTemplateExtension(".");
  $tpl->loadTemplatefile("../..//tmpl/content_table.tpl.html",true,true);

  //-Layout setzen
  $tpl->setVariable("TITEL",$titel);
  $tpl->setVariable("STATUS",$status);
  $tpl->setVariable("COLORCONTENT",$config[COLORCONTENT]);
  $tpl->setVariable("COLORNAVI",$config[COLORNAVI]);
  $tpl->setVariable("COLORVLINE",$config[COLORVLINE]);

  //-Tabelle generieren
  $first=1;
  while ($ds = $data->fetchRow())
  {
    //-Spalten
    if ($first==1)
    {
      $align="left";
      foreach ($ds as $key1 => $elem1)
      {
        $tpl->setVariable("COLORNAVI",$config[COLORNAVI]);
        $tpl->setVariable("COLORVLINE",$config[COLORVLINE]);
        $tpl->setCurrentBlock("kopf");
        $key1 = str_replace("_","&nbsp;",$key1);
        $tpl->setVariable("ALIGN",$align);
        $tpl->setVariable("SPALTE",$key1);
        $tpl->parseCurrentBlock();
        $align="right";
      }
    }
    //-Zeilen
    $align="left";
    foreach ($ds as $key1 => $elem1)
    {
      $tpl->setVariable("COLORNAVI",$config[COLORNAVI]);
      $tpl->setVariable("COLORVLINE",$config[COLORVLINE]);
      $tpl->setCurrentBlock("spalte");
      $tpl->setVariable("ALIGN",$align);
      $tpl->setVariable("WERT",$elem1);
      $tpl->parseCurrentBlock();
      $first=2;
      $tpl->setCurrentBlock("zeile");
      $align="right";
    }
    $tpl->parseCurrentBlock();
  }
  //-Anzeigen
  $tpl->show();
}
<-- snip -->

```

Code B3.6: PHP – Funktionen zur Tabellengenerierung

<pre> &lt;html&gt; &lt;head&gt;   &lt;title&gt;Template Prinzip&lt;/title&gt; &lt;/head&gt;  &lt;body text="#000000"&gt; &lt;center&gt;   &lt;table BGCOLOR="#CCCCCC"&gt;     &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td colspan="2"&gt;         &lt;b&gt;{ TITEL }&lt;/b&gt;       &lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;     &lt;!-- BEGIN loop --&gt;     &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;{ NUMMER }&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;{ NAME }&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;     &lt;!-- END loop --&gt;   &lt;/table&gt; &lt;/center&gt; &lt;/body&gt; &lt;/html&gt; </pre>	
<pre> &lt;html&gt; &lt;head&gt;   &lt;title&gt;Template Prinzip&lt;/title&gt; &lt;/head&gt;  &lt;body text="#000000"&gt; &lt;center&gt;   &lt;table BGCOLOR="#CCCCCC"&gt;     &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td colspan="2"&gt;         &lt;b&gt;Entnahmestellen&lt;/b&gt;       &lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;      &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;268&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;Quelle&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;      &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;423&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;Wasserwerk&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;      &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;818&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;Werkbrunnen&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;   &lt;/table&gt; &lt;/center&gt; &lt;/body&gt; &lt;/html&gt; </pre>	<pre> &lt;?php //--Inhalte \$titel="Entnahmestellen"; \$array=array(268 =&gt; "Quelle",              423 =&gt; "Wasserwerk",              818 =&gt; "Werkbrunnen");  //--Einbindung PEAR:ITX Template Extension require_once('HTML/ITX.php');  //--Einbindung des Template \$tpl = new IntegratedTemplateExtension("."); \$tpl-&gt;loadTemplatefile("template.html",true,true);  //--Übergabe der Seiteninhalte \$tpl-&gt;setVariable("TITEL",\$titel);  //--Array Loop \$tpl-&gt;setCurrentBlock("loop"); while ( list (\$nummer, \$name) = each(\$array) ) {   \$tpl-&gt;setVariable("NUMMER",\$nummer);   \$tpl-&gt;setVariable("NAME",\$name);   \$tpl-&gt;parseCurrentBlock(); }  //--Anzeigen der HTML Datei \$tpl-&gt;show(); ?&gt; </pre>
<pre> &lt;html&gt; &lt;head&gt;   &lt;title&gt;Template Prinzip&lt;/title&gt; &lt;/head&gt;  &lt;body text="#000000"&gt; &lt;center&gt;   &lt;table BGCOLOR="#CCCCCC"&gt;     &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td colspan="2"&gt;         &lt;b&gt;Entnahmestellen&lt;/b&gt;       &lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;      &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;268&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;Quelle&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;      &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;423&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;Wasserwerk&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;      &lt;tr BGCOLOR="#f0f0f0"&gt;       &lt;td&gt;&lt;b&gt;818&lt;/b&gt;&lt;/td&gt;       &lt;td&gt;Werkbrunnen&lt;/td&gt;     &lt;/tr&gt;   &lt;/table&gt; &lt;/center&gt; &lt;/body&gt; &lt;/html&gt; </pre>	

Die Abb. oben links beinhaltet den Quellcode des Templates und Abb. oben rechts zeigt dessen Browser-Ansicht . In der Abb. rechts Mitte ist der Code des eigentlichen Programms dargestellt, dieses lädt das Template, übergibt die entsprechenden Daten und bringt das aufbereitete Template zur Anzeige.  
Abb. unten links zeigt den vom Programm ausgelieferten HTML-Code und Abb. untern rechts die entsprechende Darstellung im Browser.

Code B3.7: PHP – Integration von HTML-Templates

**B4: Konfiguration des UMN-MapServer über die Map-Datei**

```

#MAP
NAME "WAL_RUHR"
STATUS ON
DEBUG TRUE
SIZE 300 300
RESOLUTION 72
EXTENT 3340000.00 5640000.00 3475000.00 5715000.00
UNITS METERS
SHAPEPATH "D:\mm_mapserv\daten\wal\"
FONTSET "D:\mm_mapserv\fonts\fonts.txt"
SYMBOLSET "D:\mm_mapserv\symbols\symbols.sym"
OUTPUTFORMAT
  NAME "png"
  DRIVER "GD/PNG"
  MIMETYPE "image/png"
  #IMAGEMODE PC256
  IMAGEMODE RGB
  EXTENSION "png"
END
INTERLACE ON
IMAGECOLOR 255 255 255
PROJECTION
  "init=epsg:31463" #PROJECTION "DHDN / 3-degree Gauss zone 3"
END

WEB
IMAGEPATH "d:/mm_mapserv/temp/"
IMAGEURL "/ms_temp/"
TEMPLATE "wal_map_template.html"
LOG "wal_wms.log"
METADATA
  "wms_title" "WALruhr MAPSERVICE"
  "wms_onlineresource" "http://www.ruhrverband.de/mm/"
  "wms_srs" "epsg:31463"
  "wms_abstract" "MapService of WALruhr"
  "wms_accessconstraints" "no restrictions"
  "wms_addresstype" "Postmail"
  "wms_address" "Kronprinzenstr. 37"
  "wms_city" "Essen"
  "wms_country" "Germany"
  "wms_postcode" "45128"
  "wms_stateorprovince" "NRW"
  "wms_contactelectronicmailaddress" "phu@ruhrverband.de"
  "wms_contactorganization" "Ruhrverband"
  "wms_contactperson" "Patrick Huy"
  "wms_contactposition" "-"
  "wms_contactvoicetelephone" "+492011782664"
  "wms_fees" "none"
  "wms_keywordlist" "WALruhr Water Abstraction and Losses"
  "wms_resx" "300"
  "wms_resy" "300"
  "wms_feature_info_mime_type" "text/plain"
  "mm_DEBUG" "TRUE"
END
MINSCALE 1000
MAXSCALE 5000000
END
<-- snip -->

```

Code B4.1: Map-Datei – Definition der Metadaten

```

<-- snip -->
LAYER
  NAME "TK25"
  GROUP "Rasterdaten"
  TYPE RASTER
  STATUS DEFAULT
  CONNECTIONTYPE WMS
  CONNECTION
  "http://xxx.ruhrverband.de:8080/wmsconnector/com.esri.wsit.WMSServlet/ogc_raster?"
  METADATA
    "wms_title"           "TK25"
    "wms_server_version" "1.1.1"
    "wms_group_title"    "Raster"
    "wms_srs"            "epsg:31463"
    "wms_name"           "TK025WAL,TK025GAR,TK025VEG,TK025GWL,TK025GWF,TK025GRU"
    "wms_format"         "image/png"
  END
  PROJECTION
    "init=epsg:31463" #PROJECTION "DHDN / 3-degree Gauss zone 3"
  END
  MINSCALE 5000
  MAXSCALE 30000
END
LAYER
  NAME "DGK5"
  GROUP "Rasterdaten"
  TYPE RASTER
  STATUS DEFAULT
  CONNECTIONTYPE WMS
  CONNECTION
  "http://xxx.ruhrverband.de:8080/wmsconnector/com.esri.wsit.WMSServlet/ogc_raster?"
  METADATA
    "wms_title"           "DGK5"
    "wms_server_version" "1.1.1"
    "wms_group_title"    "Raster"
    "wms_srs"            "epsg:31463"
    "wms_name"           "DGK5I"
    "wms_format"         "image/png"
  END
  PROJECTION
    "init=epsg:31463" #PROJECTION "DHDN / 3-degree Gauss zone 3"
  END
  MINSCALE 1
  MAXSCALE 5000
END
LAYER
  DEBUG TRUE
  NAME "Entnahmestellen"
  GROUP "WALruhr"
  METADATA
    "wms_title"           "Entnahmestellen"
    "wms_group_title"    "WALruhr"
    "wms_srs"            "epsg:31463"
    "wms_extent"         "3340000.00 5640000.00 3475000.00 5715000.00"
    "wms_keywordlist"    "Ruhrverband Entnahmestellen"
    "mm_DESCRIPTION"     "Wasserentnahmestellen im Einzugsgebiet der Ruhr"
  END
  TYPE POINT
  STATUS ON
  CONNECTIONTYPE oraclespatial
  CONNECTION "wal/*****@mmdata"
  DATA "SHAPE FROM wal.gd_geopunkt USING SRID NULL"
  DUMP TRUE
  TRANSPARENCY 0
  CLASS
    NAME "entn"
    STYLE
      COLOR 0 0 255
      MAXSIZE 300
      SYMBOL 'circle'
      SIZE 8
    END
  END
END
END

```

Code B4.2: Map-Datei – Definition der Layer WMS-LIS und Oracle Spatial

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no" ?>
<!DOCTYPE WMT_MS_Capabilities (View Source for full doctype...)>
- <WMT_MS_Capabilities version="1.1.0" updateSequence="0">
- <!--
  MapServer version 4.0.2
  OUTPUT=PNG OUTPUT=JPEG OUTPUT=WBMP OUTPUT=PDF OUTPUT=SWF
  SUPPORTS=PROJ SUPPORTS=FREETYPE SUPPORTS=WMS_SERVER
  SUPPORTS=WMS_CLIENT SUPPORTS=WFS_SERVER SUPPORTS=WFS_CLIENT
  INPUT=EPPL7 INPUT=ORACLESPATIAL INPUT=OGR INPUT=GDAL INPUT=SHAPEFILE
-->
- <Service>
  <Name>OGC:WMS</Name>
  <Title>WALruhr MAPSERVICE</Title>
  <Abstract>MapService of WALruhr</Abstract>
  <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
    xlink:href="http://www.ruhrverband.de/mm/?" xlink:type="simple" />
- <KeywordList>
  <Keyword>WALruhr Water Abstraction and Losses</Keyword>
</KeywordList>
- <ContactInformation>
  - <ContactPersonPrimary>
    <ContactPerson>Patrick Huy</ContactPerson>
    <ContactOrganization>Ruhrverband</ContactOrganization>
  </ContactPersonPrimary>
  <ContactPosition>-</ContactPosition>
  + <ContactAddress>
    <ContactVoiceTelephone>+492011782664</ContactVoiceTelephone>
    <ContactElectronicMailAddress>phu@ruhrverband.de</ContactElectronicMailAddress>
  </ContactAddress>
  </ContactInformation>
  <AccessConstraints>no restrictions</AccessConstraints>
  <Fees>none</Fees>
</Service>
- <Capability>
- <Request>
  + <GetCapabilities>
  + <GetMap>
  + <GetFeatureInfo>
</Request>
+ <Exception>
  <VendorSpecificCapabilities />
- <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  <Name>WAL_RUHR</Name>
  <Title>WALruhr MAPSERVICE</Title>
  <SRS>epsg:31463</SRS>
  <LatLonBoundingBox minx="6.69302" miny="50.8744" maxx="8.64461" maxy="51.5702" />
  <BoundingBox SRS="EPSG:31463" minx="3.34e+006" miny="5.64e+006"
    maxx="3.475e+006" maxy="5.715e+006" resx="300" resy="300" />
  <ScaleHint min="0.498903" max="2494.51" />
- <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  <Name>Rasterdaten</Name>
  <Title>Raster</Title>
  + <Layer queryable="0" opaque="0" cascaded="1" noSubsets="0">
  + <Layer queryable="0" opaque="0" cascaded="1" noSubsets="0">
</Layer>
- <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  <Name>WALruhr</Name>
  <Title>WALruhr</Title>
- <Layer queryable="0" opaque="0" cascaded="0" noSubsets="0">
  <Name>Entnahmestellen</Name>
  <Title>Entnahmestellen</Title>
- <KeywordList>
  <Keyword>Ruhrverband Entnahmestellen</Keyword>
</KeywordList>
  <SRS>epsg:31463</SRS>
  <LatLonBoundingBox minx="6.69302" miny="50.8744" maxx="8.64461" maxy="51.5702" />
  <BoundingBox SRS="EPSG:31463" minx="3.34e+006" miny="5.64e+006"
    maxx="3.475e+006" maxy="5.715e+006" resx="300" resy="300" />
  </Layer>
</Layer>
</Layer>
</Capability>
</WMT_MS_Capabilities>

```

Code B4.3: MapServer – GetCapabilities Request

## Anhang C: Vergrößerte Darstellung von Abbildungen

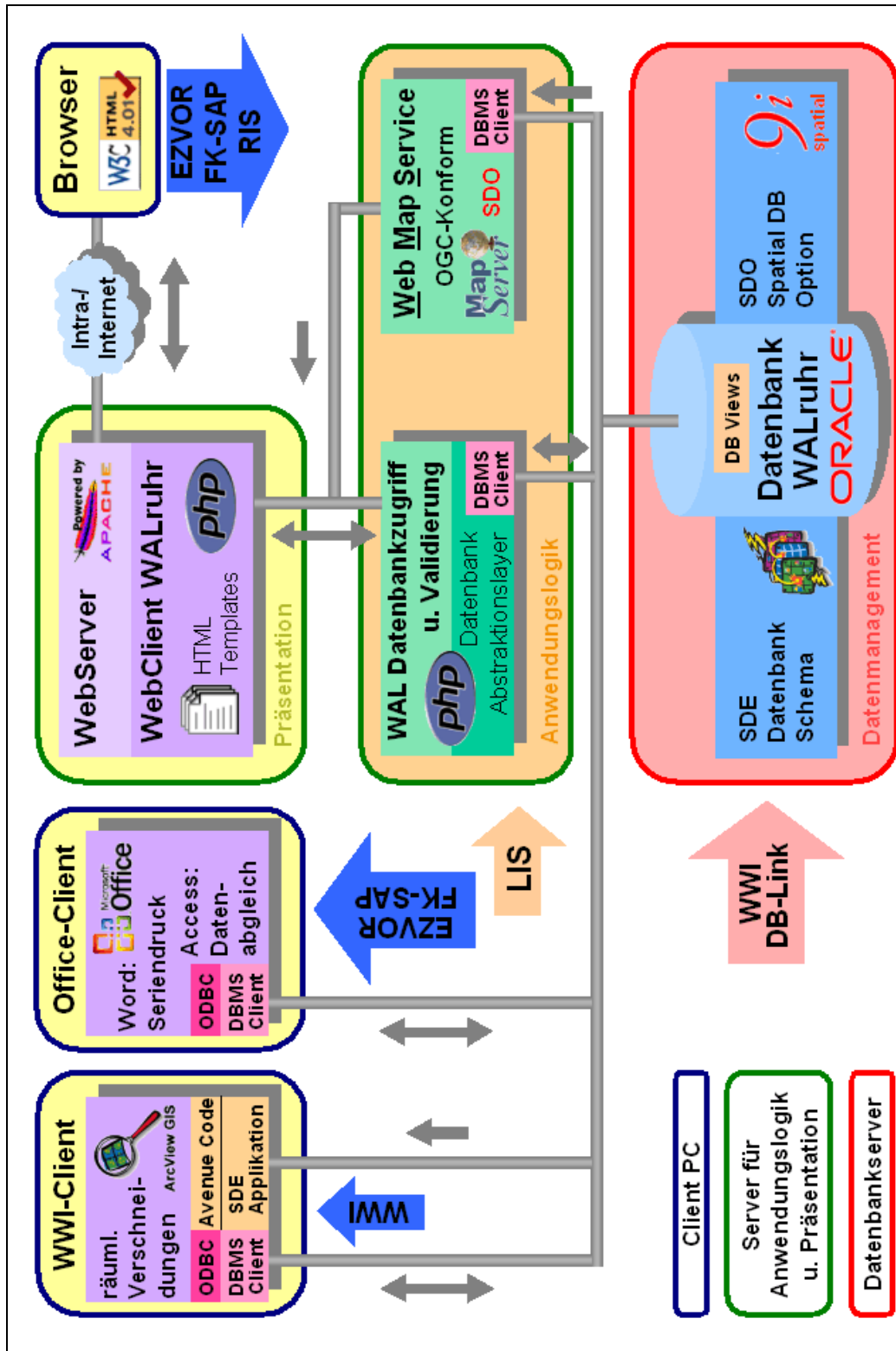


Abb. C1.1: Vergrößerte Darstellung der Abb. 5.5  
Architektur des Programmsystems WALruhr

