

**Erkundung  
der Grundwasserleiter und der Böden  
im Hochrheintal  
zwischen Schaffhausen und Basel**



**Kofinanziert durch die Europäische Union**

Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung

**Abschlussbericht zum INTERREG II–Projekt**

Landratsamt Waldshut

2001

Erstellt im Auftrag und unter finanzieller Beteiligung von:



**Land Baden-Württemberg**



**Landkreis Lörrach**



**Landkreis Waldshut**



**Kanton Aargau**



**Kanton  
Basel-Landschaft**



**Kanton Basel- Stadt**



**Kanton Zürich**

Unter korrespondierender Mitwirkung von:



**Kanton Schaffhausen**

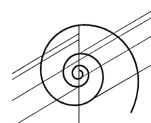


**Région Alsace**

Unter Mitarbeit von:



**Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau  
Baden-Württemberg**



**Geologisches-Paläontologisches Insti-  
tut der Universität Basel**



**Gewässerdirektion Südlicher  
Oberrhein/Hochrhein  
Bereich Waldshut-Tiengen**

### **Mitwirkende:**

Dieser Bericht wurde als Abschlussbericht des von der EU geförderten INTERREG II-Projektes „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel“ erstellt. Am Projekt haben folgende Personen und Institutionen maßgeblich mitgewirkt:

#### Projektleitung:

Ulrich Wagner	Landratsamt Waldshut	(Projektverantwortlicher)
Peter Huggenberger	Kantonsgeologe Basel-Stadt	
Werner Kanz	Kanton Aargau	(1996 – 1999)
Daniel Schaub	Kanton Aargau	(1999 – 2001)
Michael Thater	Landratsamt Lörrach	
Jürgen Reich	Landratsamt Waldshut	(Antragstellung)

#### Projektsteuerung:

Ulrich Wagner	Landratsamt Waldshut	(Vorsitz)
Adrian Auckenthaler	Kanton Basel-Landschaft	(1998 – 2001)
Peter Blum	Kanton Zürich	(1997 – 1998)
Petra Gritsch	GwD Bereich Waldshut-Tiengen	(1998 – 2000)
Peter Huggenberger	Kantonsgeologe Basel-Stadt	
Werner Kanz	Kanton Aargau	(1996 – 1999)
Christophe Kauffmann	Région Alsace	
Fritz Kometer	Kanton Basel-Stadt	
Kurt Nyffenegger	Kanton Zürich	(1999 – 2001)
Hans Plum	LGRB Baden-Württemberg	
Daniel Schaub	Kanton Aargau	(1999 – 2001)
Walter Stutz	Kanton Basel-Landschaft	(1997 – 1998)
Dieter Starkmann	GwD Bereich Waldshut-Tiengen	
Michael Thater	Landratsamt Lörrach	

#### Arbeitsgruppe Hydrogeologie:

Peter Huggenberger	Kantonsgeologe Basel-Stadt	(Leitung)
Lorenz Guldenfels	GPI Universität Basel	(2000 – 2001)
Werner Kanz	Kanton Aargau	(1996 – 1999)
Thomas Noack	GPI Universität Basel	(1997 – 1999)
Kurt Nyffenegger	Kanton Zürich	(1999 – 2001)
Hans Plum	LGRB Baden-Württemberg	
Daniel Schaub	Kanton Aargau	(1999 – 2001)
Monika Schweizer	GPI Universität Basel	(1999 – 2000)
Matthias Selg	LGRB Baden-Württemberg	(1999 – 2001)
Dieter Starkmann	GwD Bereich Waldshut-Tiengen	
Stephan Stutz	Kanton Zürich	(1997 – 1999)
Ulrich Wagner	Landratsamt Waldshut	
Gerhard Zentes	Landratsamt Lörrach	

Arbeitsgruppe Boden:

Michael Thater	Landratsamt Lörrach	(Leitung)
Renato Bordoni	Kanton Aargau	(1999 – 2001)
Christopher Hohl	Kanton Basel-Stadt	
Jürg Krebs	Kanton Aargau	(1997 – 1998)
Alexander Lehmann	Kanton Zürich	(1998 – 2001)
Thomas Muntwyler	Kanton Aargau	(1998 – 1999)
Thomas Scheuble	Landratsamt Waldshut	
Peter Schreiber	Kanton Zürich	(1997 – 1998)
Pascal Simon	Kanton Basel-Landschaft	
Frank Waldmann	LGRB Baden-Württemberg	

Mitwirkende Büros:

Datenbanken:	Geo 7 AG, Bern
GIS-Bearbeitung und Kartographie:	in medias res GmbH, Freiburg i.Br.
Bodenkartierung und Generalisierung Schweiz:	envico AG, Zürich; BABU GmbH, Zürich; P. Schwab, Waltalingen
Hydrogeologische Erhebung und Mitwirkung bei der Stichtagsmessung:	Geotechnisches Institut GmbH, Weil a.R. Weber Ingenieure GmbH, Lörrach mbn matousek, baumann & niggli AG, beratende Geologen, Baden-CH

GPI = Geologisch-Paläontologisches Institut  
GwD = Gewässerdirektion Hochrhein/Südlicher Oberrhein  
LGRB = Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

## Vorwort

Der Grundwasserstrom im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel hält sich nicht an die Staatsgrenze zwischen der Schweiz und Deutschland: Er wechselt häufig unter dem heutigen Flusslauf die Rheinseite. Hierdurch wird in besonderem Maße die Verantwortung der beiden Länder nicht nur für die eigene Wasserversorgung, sondern auch für die des Nachbarlandes deutlich.

Die jederzeit sichere Versorgung der heutigen Bevölkerung sowie auch der künftigen Generationen mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser hat auf beiden Seiten des Hochrheins höchsten Stellenwert. Eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit ist deshalb Voraussetzung für einen nachhaltigen und dauerhaften Grundwasserschutz. Da der Boden in enger Wechselwirkung mit dem Grundwasser steht und ihm entscheidende Schutzfunktionen für das Grundwasser zukommen, ist der Bodenschutz untrennbar mit dem Schutz des Grundwassers verbunden.

Mit dem vorliegenden Abschlussbericht zum INTERREG II-Projekt „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel“ wird ein gemeinsames Projekt abgeschlossen, bei dem die Grundwasser- und Bodenverhältnisse im Hochrheintal einheitlich und vergleichbar dargestellt und beschrieben werden. Mit der im Projekt erarbeiteten zentralen Datenbank, den digitalen hydrogeologischen Karten und den abgestimmten Bodenkarten ist ein rascher Zugriff auf Basisdaten möglich, mit denen aktuelle Fragen zum Grundwasser- und Bodenschutz länderübergreifend, schnell und effektiv beantwortet werden können.

Dieses Gemeinschaftsprojekt konnte auf den Weg gebracht werden, da Mittel aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung gerade für solche grenzüberschreitende Vorhaben zur Verfügung stehen. Groß war das Interesse an dieser Untersuchung, weshalb sich sieben mitfinanzierende Partner zusammenschlossen. Auch außerhalb dieser Finanzierung wurden von vielen Fachstellen erhebliche Eigenleistungen eingebracht. Im Zuge der Arbeiten an dem Projekt ist es gelungen, die grenzüberschreitenden Verbindungen weiter zu intensivieren und bei der partnerschaftlichen Zusammenarbeit Grenzen zu überwinden – Grenzen, die das Grundwasser nicht kennt.

Für die Zukunft gilt es, die bei der Projektarbeit geknüpften länderübergreifenden Kontakte weiterhin zu pflegen und bei künftigen gemeinsamen Aufgabenstellungen intensiv zu nutzen.

Wir danken allen am Projekt Beteiligten und wünschen den hier vorliegenden Karten und der digitalen Datensammlung eine rege Anwendung in der Praxis des Grundwasser- und Bodenschutzes.

Land Baden-Württemberg



Dr. Sven von Ungern-Sternberg  
Regierungspräsident

Landkreis Lörrach



Alois Rübsamen  
Landrat

Landkreis Waldshut



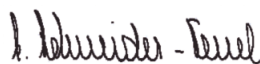
Dr. Bernhard Wütz  
Landrat

Kanton Aargau



Peter C. Beyeler  
Regierungsrat

Kanton Basel-Landschaft



Elsbeth Schneider-Kenel  
Regierungsrätin

Kanton Basel-Stadt



Barbara Schneider  
Regierungsrätin

Kanton Zürich



Dorothee Fierz  
Regierungsrätin

---

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	14
Résumé.....	17
<b>1 Grenzüberschreitender Grundwasser- und Bodenschutz im Hochrheintal .....</b>	<b>21</b>
1.1 Anlass.....	21
1.2 Projektziele.....	21
1.3 Umsetzung des Projekts .....	22
1.4 Organisation des Projekts.....	23
1.5 Kosten .....	24
<b>2 Beschreibung des Projektgebiets.....</b>	<b>26</b>
2.1 Lage des Projektgebiets.....	26
2.2 Siedlungsstruktur und Bodennutzung .....	26
2.3 Gefahrenpotentiale, Schutzpotentiale .....	27
2.4 Nachhaltige Boden- und Grundwassernutzung.....	28
<b>3 Bestandsaufnahme.....</b>	<b>30</b>
3.1 Festlegung der Projektperimeter .....	30
3.2 Geländehöhen und Koordinaten in der Schweiz und in Deutschland.....	30
3.2.1 Koordinatensysteme .....	30
3.2.2 Koordinatentransformation.....	30
3.2.3 Höhensysteme in der Schweiz und in Deutschland.....	31
3.2.4 Höhentransformation .....	31
3.3 Hydrogeologie.....	31
3.3.1 Vorhandene Daten .....	31
3.3.2 Erhebungen bei Behörden und Fachstellen .....	33
3.3.3 Stichtagsmessung.....	33
3.4 Boden .....	35
3.4.1 Zielsetzung.....	35
3.4.2 Grundlagen .....	36
3.4.3 Homogenisierung der Bodendaten .....	37
<b>4 Auswertung und Ergebnisse.....</b>	<b>39</b>
4.1 Datenbank .....	39
4.1.1 Grundkonzept .....	39
4.1.2 Schlüssel .....	39

---

4.1.3	Die Boden-Flächendatenbank .....	40
4.1.4	Die Boden-Punktdatenbank .....	41
4.1.5	Die Datenbank Hydrogeologie und die Stationsdatenbank .....	41
4.2	GIS.....	45
4.2.1	Einsatz eines GIS im Projekt – eine Übersicht .....	45
4.2.2	Eingesetzte Software.....	45
4.2.3	Metadaten.....	45
4.2.4	GIS-Bearbeitung .....	47
4.2.5	Datenabfrage und Visualisierung mit dem INTERREG-Informationssystem....	48
4.2.6	Zukünftige Nutzungsmöglichkeiten.....	49
4.3	Hydrogeologie .....	50
4.3.1	Abgedeckte geologische Karte und Aquiferbasis (Karte 1.1).....	50
4.3.2	Karte der Grundwasseroberfläche und -mächtigkeit (Karte 1.2).....	53
4.3.3	Flurabstandskarte (Karte 1.3).....	56
4.3.4	Karte zum vorsorgenden flächenbezogenen Grundwasserschutz (Karte 1.4) ...	57
4.3.5	Geologische Schnitte (Darstellung 1.5) .....	61
4.3.6	Grundwasserbeschaffenheit .....	61
4.3.7	Grundwasserentnahmen .....	63
4.3.8	Grundwasseranreicherungen .....	64
4.4	Boden.....	66
4.4.1	Bodenkarte (Karte 2.1).....	66
4.4.2	Karte der Filter- und Pufferkapazität der Böden (Karte 2.2) .....	69
4.4.3	Karte des Rückhaltevermögens der Böden für wasserlösliche Stoffe (Karte 2.3) .....	73
4.4.4	Karte der Landnutzung (Karte 2.4) .....	74
4.4.5	Karte der Grundwasserneubildung (Karte 2.5).....	76
4.4.6	Karte der Schwermetallgehalte der Böden (Karte 2.6).....	81
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Anwendung der Ergebnisse.....</b>	<b>84</b>
5.1	Schlussfolgerungen .....	84
5.2	Anwendung der Ergebnisse.....	85
5.3	Ausblick.....	86
<b>6</b>	<b>Literatur &amp; Links .....</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>95</b>

---

# Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

## Abbildungen

1.1	Organisation für das Projekt „Erkundung der Grundwasserleiter und der Böden im Hochrheintal“	24
1.2	Zuordnung des Projektgebiets zu den beiden EU-Programmgebieten	25
1.3	Finanzielle Beteiligung der Projektpartner am Gesamtprojekt	25
2.1	Innerer und äußerer Perimeter des Untersuchungsgebietes	26
3.1	Ausgleichsfläche zur Höhentransformation	32
3.2	Bodenkundliche Kartengrundlagen im Projektgebiet	37
4.1	Entity-Relationship-Quellenmodell zur Boden-Flächendatenbank	41
4.2	Entity-Relationship-Quellenmodell zur Boden-Punktendatenbank	41
4.3	Entity-Relation-Quellenmodell zur Stationsdatenbank	42
4.4	Entity-Relationship-Quellenmodell zur Datenbank Hydrogeologie, Teil Bohrungen	43
4.5	Entity-Relationship-Quellenmodell zur Datenbank Hydrogeologie, Teil Quellen	44
4.6	Entity-Relationship-Quellenmodell zur Datenbank Hydrogeologie, Teil Markierungsversuche	44
4.7	Schematischer Aufbau eines GIS	45
4.8	Schematischer Ablauf der GIS-Bearbeitung	47
4.9	Schematischer Aufbau des INTERREG-Informationssystem	48
4.10	INTERREG-Informationssystem: Beispiele für Dialoge zur Datenbankabfrage	49
4.11	Profil- und Schnittvisualisierung mit dem INTERREG-Informationssystem	50
4.12	Darstellung der Chloridgehalte im Grundwasser	62
4.13	Grundwasserentnahmen im Großraum Basel	64
4.14	Grundwasserentnahmen im Projektgebiet	64
4.15	Lessivierte Auenbraunerde aus Auenlehm über Terrassenschotter	69
4.16	Tief entwickelte Parabraunerde aus Niederterrassenschotter	69
4.17	Ablaufschema für die Ermittlung der Bodenfunktion „Filter- und Pufferkapazität“	71
4.18	Ablaufschema für die Ermittlung des Rückhaltevermögens der Böden	74
4.19	Zusammengefasste Landnutzungsklassen	75
4.20	Mittlere, korrigierte Jahresniederschläge 1961-1990	78
4.21	Ablaufschema für die Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag	80

## Tabellen

2.1	Beispiele für Zielkonflikte im Bereich Grundwasser- und Bodenschutz	29
3.1	Gemeinsame Höhenmesspunkte und Höhendifferenzen zwischen Deutschland und der Schweiz	31
3.2	Datengrundlagen Hydrogeologie	32
3.3	Anzahl und regionale Verteilung der für die Stichtagsmessung ausgewählten Messstellen	34
4.1	Übersicht über die im Projekt verwendeten Datenbanken	39
4.2	Zuordnung der Erfassungsstellen zu den Datenbanken	40
4.3	Thematische Gliederung der hydrogeologischen Daten und Anzahl der Datensätze	42
4.4	Zusammenhang zwischen Sachdaten und Ergebnisdaten	46
4.5	Datenbanken, auf die mit dem INTERREG-Informationssystem zugegriffen werden kann	49
4.6	Ausschnitt aus der Legende der Bodenkarte	67
4.7	Kurzzeichen zur Beschreibung der Korngrößen	68
4.8	Bewertungsverfahren für die Filter- und Pufferkapazität von Böden	72
4.9	Niederschlagshöhe im Hochrheingebiet	77
4.10	Grundwasserneubildungsrate bzw. Sickerwassermenge in mm/Jahr	79
4.11	Grundwasserneubildungsrate in mm/Jahr für das Hochrheintal	80
4.12	Grenzwerte für die Gesamtgehalte an Schwermetallen	82

## **Kurzfassung**

Unterstützt durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) wurde von 1997 bis 2001 im Rahmen der INTERREG II-Programme das Projekt „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel“ durchgeführt. Bei diesem Projekt arbeiteten das Land Baden-Württemberg, die Landkreise Lörrach und Waldshut und die Kantone Basel-Stadt, Basel-Landschaft, Aargau und Zürich eng zusammen. Außerdem waren der Kanton Schaffhausen und die Région Alsace informell am Projekt beteiligt. Die Gesamtkosten des Projektes lagen bei 1,5 Mio DM (rund 767.000 Euro). Davon trugen die EU und die deutsche Seite jeweils 35 %. Der Anteil der Schweiz lag bei 30 % der Gesamtkosten.

### **Nutzungen und Gefahrenpotentiale im Untersuchungsraum**

Untersuchungsgebiet war das Hochrheintal zwischen Schaffhausen (Rheinfall) und Basel (Grenze CH – F). Dieser rund 125 km lange und zwischen 500 m bis ca. 10 km breite Talraum ist geprägt vom Rhein, der weitgehend auch die Staatsgrenze zwischen Deutschland und der Schweiz bildet. Charakteristisch für den Hochrhein sind 11 Flusskraftwerke, die die Abflussverhältnisse im Oberflächengewässer und das Grundwasser deutlich beeinflussen. Der Talraum wird von Osten nach Westen abnehmend durch eine intensive Landwirtschaft (v.a. Ackerbau, auch Grünland in Bereichen grundwasserbeeinflusster Böden) genutzt. Auf flachgründigen oder zu feuchten Standorten stockt Wald. Die Nutzung des Talraumes als Industrie- und Gewerbestandort und die Siedlungsdichte nimmt von Osten nach Westen deutlich zu. Somit ist das Gefahrenpotential für Boden und Grundwasser aus der landwirtschaftlichen Nutzung im östlichen Teil des Untersuchungsraumes bis etwa zur Aaremündung deutlich höher als im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes. Hier überwiegen die Gefahren für Boden und Grundwasser durch Industrie und Gewerbe sowie Infrastruktureinrichtungen (Straßen, Auto-

bahnen, Bahntrassen). Da die Landnutzung erheblichen Einfluss auf die Gefahrenpotentiale für Boden und Grundwasser hat, wurde im Projekt eine Karte zur Landnutzung auf Grundlage von Satellitendaten erstellt.

### **Grundwasser und Böden im Hochrheintal**

Der Hauptgrundwasserstrom in Hochrheintal folgt vielerorts einem ehemaligen Flussverlauf, der epigenetischen Rheinrinne, welche um den heutigen Verlauf des Rheins mäandriert. Somit wechselt das Grundwasser, welches im Untersuchungsraum auf Schweizer Seite in etwa 26 und auf Deutscher Seite in 18 Bereichen zur Trinkwasserversorgung der Bevölkerung genutzt wird, vielfach auch unter der deutsch-schweizerischen Staatsgrenze hin und her. Beeinträchtigungen des Grundwassers auf der einen Rheinseite können somit schnell erhebliche Auswirkungen auf der anderen Seite zur Folge haben. Deshalb sind detaillierte Kenntnisse über den gemeinsamen Grundwasserleiter Voraussetzung für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung am Hochrhein. Die im Projekt erarbeitete Karte der Grundwasseroberfläche und –mächtigkeit mit Grundwassergleichenplan stellt somit ein zentrales Ergebnis dieser Untersuchung dar.

Die Grundwasserneubildung erfolgt im Hochrheintal in erheblichem Maße durch Niederschlag. Aus diesem Grund wurde eine Karte zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag erarbeitet. Niederschlagswasser durchsickert den Boden, wo es eine Reinigung aber auch eine Beeinträchtigung erfahren kann. Deshalb ist es zum Schutz des Grundwassers von größter Bedeutung, auch die Bodenverhältnisse genau zu betrachten.

### **Ziele des Projektes**

Ziel des Projektes war es daher, ausgehend von den vielfältigen, aber meist nur mit lokalem Bezug vorhandenen Daten zu Grundwasser und Boden eine grenzüberschreitende und einheitliche Informationsgrundlage für den Boden- und Grundwasserschutz beiderseits des Hochrheins

---

zu schaffen. Hierfür wurden zunächst alle greifbaren Daten zusammengeführt und in speziell für dieses Projekt entwickelten Datenbanken zur Hydrogeologie und zum Boden erfasst. Kenntnislücken wurden in einer zweiten Projektphase durch Nacherhebungen vor Ort geschlossen. So wurden beispielsweise auf Deutscher Seite 6300 ha und auf Schweizer Seite 5400 ha Fläche neu bodenkundlich kartiert.

Die Zusammenführung sämtlicher Basisinformationen in umfangreichen Datenbanken erlaubt es nun erstmals die Boden- und Grundwasserverhältnisse am Hochrhein im grenzüberschreitenden Überblick darzustellen.

Da eine Vielzahl der Informationen flächenbezogen sind, wurden die erhobenen Daten mit einem geographischen Informationssystem (GIS) digital aufgearbeitet und kartographisch dargestellt. Die digitalen Karten stehen Nutzern auf CD-ROM vollständig zur Verfügung. In einer Auflage von 250 liegen alle bedeutsamen Karten auch in gedruckter Form vor. Für weitergehende Auswertungen verfügen die beteiligten Kantone und Landkreise über die vollständigen Datenbanken.

## **Ergebnisse**

### **I. Hydrogeologie**

Die Ergebnisse zur Hydrogeologie wurden in vier Karten und einer Darstellung ausgewählter geologischer Schnitte zusammengefasst:

#### **1. Abgedeckte geologische Karte und Aquiferbasis (M 1 : 25 000)**

Die abgedeckte geologische Karte stellt die Verbreitung und Tiefenlage der paläozoischen Gneise und Granite, der mesozoischen Sedimentgesteine und der Molasse sowie quartärer Seesedimente unterhalb der quartären Kiese innerhalb der Rheintales dar. Sie wurde durch Zusammenführung und Vereinheitlichung bestehender geologischer Karten und einer Auswertung der INTERREG Datenbank erarbeitet. Erstmals wurde hiermit eine zusammenhängende geologische Karte des Hochrheingebietes erstellt.

#### **2. Karte der Grundwasseroberfläche und -mächtigkeit (M 1 : 25 000)**

Die Karte stellt die Grundwasserverhältnisse in den quartären Schottern im Hochrheintal, den obersten und bedeutsamsten Grundwasservorkommen der Region, dar. Sie belegt die Grundwasservorkommen in der Region in den Mächtigtkeitsstufen 0 bis 2 m, 2 bis 10 m und > 10 m. Die Karte enthält einen Grundwassergleichenplan, der auf den Ergebnissen einer Stichtagsmessung am 6.-8.11.2000 basiert.

#### **3. Flurabstandskarte (M 1 : 25 000)**

Die Karte gibt den Abstand des Grundwassers zur Geländeoberfläche in 6 Klassen wieder. Sie wurde mithilfe des Grundwassergleichenplans und des Digitalen Höhenmodells der schweizerischen Landestopographie erstellt.

#### **4. Karte zum vorsorgenden flächenbezogenen Grundwasserschutz (M 1 : 50 000)**

Der vorsorgende Grundwasserschutz durch die Festsetzung von Schutzflächen mit Restriktionen für grundwassergefährdende Nutzungen hat in beiden Ländern hohe Priorität. In der Karte sind erstmals im Hochrheingebiet grenzüberschreitend alle festgesetzten und geplanten Wasserschutzgebiete (D) und Grundwasserschutzzonen (CH) mit ihren Zonierungen dargestellt. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um von Schadensfällen ausgehende Gefahren für das Nachbarland schnell und sicher bewerten zu können.

#### **5. Geologische Schnitte**

Anhand von sechs ausgewählten geologischen Querschnitten durch das Tal des Hochrheins werden u.a. die Kiesmächtigkeiten, die Festgesteinsbereiche und die geologischen Strukturen veranschaulicht.

## **II. Boden**

Für den Bereich Boden wurden im wesentlichen die in folgenden sechs Karten zusammengefassten Ergebnisse erzielt:

#### **1. Bodenkarte (M 1 : 25 000)**

Für die gesamte pleistozäne Rheinrinne wurde meist anhand neuer Bodenkartierungen eine vollständig neue Bodenkarte erarbeitet. Die Gliederung und Gestaltung der Karte orientiert sich weitgehend am anwenderfreundlichen Schweizer Modell. Dabei werden die Boden-

merkmale „Wasserhaushalt“ und „pflanzennutzbare Gründigkeit“ farblich dargestellt. Bodeneinheiten sind durch Signaturen gekennzeichnet. Mit dieser Bodenkarte liegt nun eine wesentliche Grundlage für einen effektiven Boden- und Grundwasserschutz im Hochrheintal vor.

### 2. Karte der Filter- und Pufferkapazität der Böden (M 1 : 50 000)

Die Karte zeigt in einer vierstufigen Klassifikation von „sehr gering“ bis „hoch“ die Leistungsfähigkeit der im Hochrheintal vorliegenden Böden hinsichtlich der Filterung von organischen und anorganischen Schadstoffen sowie der Pufferung von Säuren auf Grundlage eines Bewertungsverfahrens des Umweltministeriums Baden-Württemberg. Es wird deutlich erkennbar, wo Böden zum Schutz des darunter liegenden Grundwassers solche Schadstoffe gut zurückhalten und wo nur ein geringes Filter- und Puffervermögen der Böden vorliegt.

### 3. Karte des Rückhaltevermögens der Böden für wasserlösliche Stoffe (M 1 : 50 000)

Diese Karte zeigt ebenfalls in der o.g. vierstufigen Klassifikation die Leistungsfähigkeit der Böden für die Zurückhaltung wasserlöslicher Stoffe wie beispielsweise Nitrat auf Grundlage eines Schweizer Bewertungsverfahrens. Böden mit hohem Rückhaltevermögen werden deutlich von solchen mit geringen unterschieden.

### 4. Karte der Landnutzung (M 1:50 000)

Die Landnutzung wird auf Grundlage von Satellitendaten (LANDSAT 1996) in 11 für den Boden- und Grundwasserschutz relevanten Klassen dargestellt. Für das Grundwasser eher risikoreiche Nutzungsformen (Industrie, Bahnflächen) lassen sich leicht von solchen mit eher geringen Risiken (Laubwald, Nadelwald) unterscheiden. Die Landnutzungskarte ist auch Grundlage für die Karte der Grundwasserneubildung.

### 5. Karte der Grundwasserneubildung (M 1 : 50 000)

Böden speichern Niederschlagswasser und geben den Teil, der nicht verdunstet oder durch Transpiration von Pflanzen entzogen wird, gefiltert an das Grundwasser ab. Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag wird von den Fak-

toren Niederschlag, Boden und Landnutzung bestimmt. Im Hochrheintal sind die Niederschläge die bestimmende Einflussgröße. In der Karte wird die mittlere, langjährige Grundwasserneubildung auf Grundlage von Daten des Deutschen Wetterdienstes in 9 Klassen dargestellt.

### 6. Karte ausgewählter Schwermetallgehalte der Böden (M 1 : 50 000)

Bodenmerkmale wie Nitratgehalt oder pH-Wert ändern sich im Verlauf weniger Jahre deutlich. Es war deshalb nicht sinnvoll, solche schnell variablen Parameter mit in die Darstellung im INTERREG II-Projekt aufzunehmen. Die Gehalte an Schwermetallen im Boden, die meist geogenen Ursprungs sind, aber auch in erheblichen Mengen durch menschliche Einflüsse bedingt sein können, sind wenig variabel und verdeutlichen wo und in wie weit bereits menschliche Tätigkeit die Böden beeinflusst hat. Die Karte stellt die Gehalte der fünf Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink in Oberböden an ausgewählten Standorten im Hochrheintal dar und gibt somit erstmals einen überregionalen Überblick über den Bodenzustand hinsichtlich der genannten Schwermetalle.

## Produkte

Neben dem Abschlussbericht, in dem im Wesentlichen die Methoden und Ergebnisse der Erkundung zusammengefasst sind, wurden 10 Kartenthemen und eine Darstellung hydrogeologischer Schnitte erstellt. Die gewählten Kartenmaßstäbe sind je nach Thema 1 : 25 000 oder 1 : 50 000. Aus Praktikabilitätsgründen ist das Projektgebiet in 2 (M 1 : 50 000) oder 4 (M 1 : 25 000) Kartenblätter aufgeteilt. Karten und Bericht liegen auch digital auf einer anwenderfreundlichen CD-ROM vor. Zudem sind die Daten als Web-GIS-Anwendung unter „[www.grundwasserleiter-hochrhein.de](http://www.grundwasserleiter-hochrhein.de)“ im Internet abrufbar. Für wissenschaftliche Zwecke wurde zusätzlich eine Methodendokumentation in geringer Auflage erstellt. Die Datenbanken zu Hydrogeologie und Boden stehen den Fachstellen beiderseits des Rheines zur Verfügung.

---

## Résumé

Avec le soutien du Fonds Européen pour le Développement Régional (FEDR) le projet « Analyse des aquifères et des sols dans la vallée du Rhin supérieur entre Schaffhouse et Bâle » fut conduit entre 1997 et 2001 dans le cadre des programmes INTERREG II. Dans ce contexte, le Land de Baden-Württemberg et les arrondissements de Lörrach et de Waldshut ainsi que les cantons de Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Argovie et Zurich ont étroitement coopérés. En outre, le canton de Schaffhouse et la Région Alsace ont participé au projet de façon informelle. Le coût total du projet était de DM 1,5 millions (environ EUR 767 000), dont l'UE et l'Allemagne ont supporté chacune 35%. La participation de la Suisse était de 30% du coût total.

### Exploitations et risques potentiels dans la zone en considérée

La zone considérée était la vallée du Rhin supérieur entre Schaffhouse (chutes du Rhin) et Bâle (frontière CH – F). Cette vallée d'une longueur de 125 km et d'une largeur allant de 500 m à env. 10 km est marquée par le Rhin qui constitue également la frontière entre l'Allemagne et la Suisse. Le Rhin supérieur se caractérise par 11 centrales hydroélectriques qui ont une influence sensible sur les conditions de débit des eaux superficielles et souterraines. La vallée est exploitée par une agriculture intensive (surtout de l'agriculture, mais également de l'élevage dans des zones où les sols sont influencés par la nappe phréatique), mais ceci d'Est en Ouest de moins en moins intensément. Aux endroits très bas ou trop humides, il y a des forêts. L'utilisation de la vallée à des fins industrielles et commerciales ainsi que la densité de la population augmentent sensiblement d'Est en Ouest. Il s'ensuit que les risques potentiels pour les sols et les nappes phréatiques résultant de l'exploitation agricole sont nettement supérieurs dans la partie orientale de la zone considérée (jusqu'à à peu près l'embouchure de l'Aare) que dans la partie occidentale de celle-ci. Par contre, les risques pour les sols et les nappes phréatiques prévalant à l'Ouest sont ceux liés à

l'industrie et aux commerces ainsi qu'aux infrastructures (routes, autoroutes, voies ferrées). Comme l'utilisation des sols influe largement sur les risques potentiels pour les sols et les nappes phréatiques, on a procédé dans le cadre du projet à l'établissement d'une carte de l'utilisation des sols sur la base des données transmises par satellite.

### Les nappes phréatiques et les sols dans la vallée du Rhin supérieur

La nappe phréatique principale dans la vallée du Rhin supérieur suit à beaucoup d'endroits un ancien cours du fleuve, appelé cours épigénique du Rhin, qui méandre le long du cours actuel du Rhin. Dans la zone considérée, les nappes phréatiques utilisées dans 26 secteurs du côté suisse et dans 18 secteurs du côté allemand pour l'alimentation de la population en eau potable, changent souvent de côté au-dessous de la frontière germano-suisse. Une atteinte à la nappe phréatique d'un côté du Rhin peut par conséquent avoir rapidement des répercussions sensibles de l'autre côté du fleuve. Pour cette raison, des connaissances détaillées de l'aquifère commun sont une condition requise pour une exploitation durable de la nappe phréatique dans la vallée du Rhin supérieur. La carte de la surface et de la profondeur avec le plan d'équation du bilan des nappes phréatiques établie dans le cadre du projet constitue donc un résultat central de cette étude.

La reconstitution de la nappe phréatique se fait dans la vallée du Rhin supérieur dans une large mesure grâce aux précipitations. Ainsi une carte de reconstitution de la nappe liée aux précipitations a été établie. Celles-ci traversent les sols où elles peuvent subir une épuration, mais aussi une contamination. Voilà pourquoi il est indispensable pour la protection de la nappe phréatique d'observer également de près les caractéristiques des sols.

### Les objectifs du projet

Le projet avait donc pour objectif de créer à partir des multiples données existantes sur la

nappe phréatique et les sols, pourtant souvent seulement sur le plan local, une base d'informations transfrontalière et unique en vue de la protection des sols et des eaux souterraines des deux côtés du Rhin supérieur. Pour ce faire, on a réuni dans un premier temps l'ensemble des données disponibles pour les saisir ensuite dans des bases de données créées spécialement pour ce projet dans les domaines de l'hydrogéologie et des sols. Dans un second temps on a comblé les lacunes au moyen d'études ultérieures effectuées sur place. En effet, 6 300 hectares ont été par exemple nouvellement cartographiés au niveau pédologique du côté allemand ainsi que 5 400 hectares du côté suisse.

La compilation de l'ensemble des informations disponibles dans des bases de données importantes permet pour la première fois la représentation transfrontalière des conditions des sols et des nappes phréatiques dans la région du Rhin supérieur. Les données relevées ont été traitées numériquement grâce à un système d'informations géographiques (SIG) et représentées de manière cartographique. Les cartes numériques sont dans l'intégralité disponibles sur CD-ROM. Le tirage de toutes les cartes importantes sous forme imprimée comprend 250 exemplaires. Pour toute exploitation ultérieure, les cantons et Landkreise impliqués disposent des bases de données complètes.

### Les résultats

#### I. L'hydrogéologie

Les résultats en matière d'hydrogéologie ont été regroupés dans quatre cartes:

##### 1. La carte géologique (échelle 1/25 000e)

La carte géologique représente au sein de la vallée du Rhin la répartition et la profondeur des gneiss et des granites paléozoïques, des roches sédimentaires mésozoïques et de la molasse ainsi que des sédiments marins quaternaires au-dessous des graviers quaternaires. Elle a été élaborée par compilation de cartes géologiques existantes et par une exploitation de la base de données INTERREG. Pour la première fois, une carte géologique cohérente de la zone du Rhin supérieur a pu être établie.

##### 2. La carte du toit et de l'épaisseur des nappes phréatiques (échelle 1/25 000e)

Cette carte représente les conditions de la nappe phréatique dans les graviers quaternaires dans la vallée du Rhin supérieur, les réservoirs supérieurs et plus importants d'eau souterraine dans la région. D'eau souterraine dans les niveaux de profondeur de 0 à 2 m, de 2 à 10 m et de plus de 10 m.

##### 3. La carte de la profondeur du niveau piézométrique (échelle 1/25 000e)

La carte représente la distance entre les nappes phréatiques et la surface topographiques, subdivisée en 6 catégories. Elle a été établie à l'aide des lignes d'équipotentiel de la nappe phréatique et du modèle d'altitude numérique de la topographie nationale suisse.

##### 4. La carte pour la protection des nappes phréatiques par zone (échelle 1/50 000e)

La protection des nappes phréatiques grâce à la mise en place de zones protégées comportant des restrictions pour les usages nuisibles aux nappes phréatiques, bénéficie dans les deux pays d'une grande priorité. Cette carte présente, et ceci pour la première fois dans la région du Rhin supérieur, de manière transfrontalière toutes les zones de protection des nappes phréatiques en Allemagne et en Suisse avec leurs zonages.

Ceci est une condition indispensable pour pouvoir évaluer de manière rapide et sûre les risques émanant d'incidents éventuels pour le pays voisin.

##### 5. Les coupes géologiques

Entre autres, les épaisseurs des graviers, les zones rocheuses et les structures géologiques sont illustrées à l'aide de six sections géologiques sélectionnées de la vallée du Rhin supérieur.

#### II. Les sols

Les résultats importants en matière de sol ont été regroupés dans les six cartes suivantes :

##### 1. La carte des sols (échelle 1/25 000e)

Pour l'ensemble du cours pléistocène du Rhin une carte des sols complètement neuve a été élaborée à l'aide de nouvelles cartographies des

---

sols. La disposition et l'organisation de la carte s'inspirent largement du modèle suisse facile à utiliser. Les caractéristiques du sol « réserves hydrologiques » et « profondeur utilisable pour les plantes » sont présentés en couleurs, les unités de sol sont marquées par des signatures. Cette carte des sols constitue une base essentielle pour pouvoir appliquer une protection effective des sols et des nappes phréatiques dans la vallée du Rhin supérieur.

#### 2. La carte de la capacité de filtration et de tamponnage des sols (échelle 1/50 000e)

Cette carte montre avec une classification comprenant quatre niveaux allant de « très faible » à « élevée » la performance des sols présents dans la vallée du Rhin supérieur en matière de filtration de polluants organiques et anorganiques et de tamponnage d'acides sur la base d'un procédé d'évaluation du Ministère régional de l'environnement du Baden-Württemberg. Il ressort clairement où les sols retiennent bien de tels polluants pour protéger les nappes phréatiques se trouvant au-dessous et où les sols ne présentent qu'une faible capacité de filtration et de tamponnage.

#### 3. La carte de la capacité de rétention des sols concernant les produits solubles dans l'eau (échelle 1/50 000e)

Cette carte montre également, dans le cadre de la classification à quatre niveaux mentionnée ci-dessus, la performance des sols concernant la rétention de substances solubles dans l'eau comme par exemple le nitrate sur la base d'un procédé d'évaluation suisse. Les sols présentant une capacité élevée de rétention sont clairement distingués de ceux à faible capacité de rétention.

#### 4. La carte de l'utilisation des sols (échelle 1/50 000e)

L'utilisation des sols est classée sur la base de données transmises par satellite (LANDSAT 1996) en 11 catégories de protection des sols et des nappes phréatiques. Les formes d'exploitation présentant plutôt des risques pour les nappes phréatiques (industries, voies ferrées) se distinguent facilement de ceux présentant des risques plutôt faibles (forêts de feuillus, forêts de conifères). La carte de l'utilisation des sols cons-

titue également la base pour la carte de la reconstitution des nappes phréatiques.

#### 5. La carte de reconstitution des nappes phréatiques (échelle 1/50 000e)

Les sols stockent l'eau des précipitations et donnent la partie qui ne s'évapore pas ou qui n'est pas enlevée par les plantes au moyen de la transpiration, après filtration aux nappes phréatiques. La reconstitution des nappes phréatiques à partir des précipitations est déterminée par les facteurs suivants : précipitations, sols et utilisation des sols. Ce sont les précipitations qui constituent le paramètre décisif dans la vallée du Rhin supérieur. La carte montre la reconstitution moyenne des nappes phréatiques pendant de longues années en 9 catégories sur la base de données du service de météo allemand (Deutscher Wetterdienst).

#### 6. La carte de concentration dans les sols de métaux lourds sélectionnés (échelle 1/50 000e)

Les caractéristiques de sols tels que le taux de nitrates ou le pH varient fortement au cours de quelques années seulement. Il n'était donc pas utile d'intégrer de tels paramètres hautement variables dans la présentation dans le cadre du projet INTERREG II. Les concentrations de métaux lourds dans le sol, dans la plupart des cas d'origine d'activités humaines naturelle, mais pouvant également résulter en quantités importantes par l'homme, sont par contre peu variables et montrent où et dans quelle mesure l'activité humaine a déjà influé sur les sols. Dans cette carte figurent les concentrations des cinq métaux lourds plomb, cadmium, cuivre, mercure et zinc dans les couches supérieures du sol sur des sites sélectionnés dans la vallée du Rhin supérieur. Elle permet donc pour la première fois une vue d'ensemble de l'état du sol concernant les métaux lourds cités dépassant le cadre régional.

### **Les produits**

En plus du rapport final qui fait essentiellement la synthèse des méthodes et des résultats de l'exploration, 10 cartes thématiques et une représentation des coupes hydrogéologiques ont été élaborées. Les échelles sélectionnées sont de 1/25 000e ou de 1/50 000e en fonction du sujet.

Pour des raisons pratiques la zone couverte par le projet est répartie sur 2 (échelle 1/50 000e) ou 4 (échelle 1/25 000e) feuilles de carte. Les cartes et le rapport existent également sous forme numérique sur un CD-ROM facile à utiliser.

Une documentation méthodologique en peu d'exemplaires a été élaborée à des fins scientifiques. Les bases de données concernant l'hydrogéologie et les sols sont à la disposition des milieux professionnels des deux côtés du Rhin.

---

# 1 Grenzüberschreitender Grundwasser- und Bodenschutz im Hochrheintal

## 1.1 Anlass

Im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel wird die Tallage durch menschliche Aktivitäten intensiv beansprucht. Siedlungen, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Kiesabbau und Altlasten können Grundwasser und Boden beeinträchtigen. Bauvorhaben werden durchgeführt oder sind in Vorbereitung. Viele dieser Vorhaben haben Auswirkungen auf Boden und Grundwasser. Zwischen dem Boden und dem Grundwasser bestehen enge System-Zusammenhänge, z. B. bei der Grundwasserneubildung und bei der Filterung von Niederschlagswasser in Böden.

Die Kiese und Schotter, die die Füllung des Hochrheintals bilden, sind sehr gute Grundwasserleiter und bergen bedeutende Grundwasservorkommen. Sie werden auf beiden Seiten des Rheins zur Trinkwasserversorgung genutzt. Das Grundwasser beiderseits des Rheins steht in vielen Abschnitten hydraulisch miteinander in Verbindung. Eine grenzüberschreitende, einheitliche Betrachtung der Grundwasserverhältnisse ist deshalb unumgänglich.

Grundlagen zur Bewertung und Beurteilung der Grundwasser- und Bodenverhältnisse liegen auf beiden Seiten des Rheins bei vielen verschiedenen Stellen in unterschiedlicher Form und Qualität vor. Dadurch fällt es den einzelnen Fachstellen häufig schwer, die Risiken von Planungen oder Schadensfällen auf den gemeinsam genutzten Grundwasserleiter abzuschätzen.

Im Untersuchungsraum gab es in der Vergangenheit bereits verschiedene grenzüberschreitende Untersuchungen mit dem Ziel, die Verbindungen des Grundwassers unter dem Rhein genauer zu beschreiben. Bereits 1987 wurde im Auftrag der Deutsch – Schweizerischen Raumordnungskommission (1987) eine Karte der hydrogeologischen Zusammenhänge im Hochrheintal erstellt. Es wurden die Auswirkungen der ehemaligen Solungen um Rheineheim, Rietheim /Zurzach sowie um Rheinfelden

(D) und der aktuellen Solungen in Rheinfelden (CH) auf die Qualität des Grundwassers untersucht. Die bei den verschiedenen Rheinkraftwerken anstehenden Konzessionserweiterungen beinhalten ebenfalls Fragestellungen zu den grenzüberschreitenden Grundwasserverhältnissen. Der Brand im Werk Schweizerhalle der Sandoz AG 1986 und der Unfall bei den Schweizerischen Bundesbahnen in Stein im Jahr 1991 haben die Notwendigkeit einer einheitlichen, länderübergreifenden, vertieften Erkundung und Darstellung der Grundwasserverhältnisse im Hochrheintal drastisch vor Augen geführt.

Die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und Deutschland hat eine lange Tradition. So war es 1997 ein Gebot der Stunde, ein zusammenfassendes Planwerk auf den Weg zu bringen, das den Grundwasserleiter im Hochrheintal umfassend beschreibt und die Wertigkeit und Schutzfunktionen der Böden mit einbezieht. Die EU fördert diese verbindende, länderübergreifenden Projekte im Rahmen der INTERREG-Programme.

Länderübergreifenden Grundwasserschutz, unabhängig von der derzeitigen Nutzung, hat auch das ebenfalls durch ein INTERREG-Programm geförderte „gemeinsame Strukturmodell Hochrhein“ (1996) gefordert. In diesem Projekt wurde eine ökologische Konzeption zur räumlichen Entwicklung am Hochrhein zwischen Zurzach und Wehr erarbeitet. Für die Bereiche des Grundwasser- und Bodenschutzes ist das vorliegende Projekt eine vertiefte Nachfolgeuntersuchung.

Das Projekt wurde auch in die Hochrhein-Kommission, die zur Förderung der grenzüberschreitenden Beziehungen für den Raum zwischen Zurzach und Rheinfelden im Jahr 1997 gegründet wurde, eingebunden.

## 1.2 Projektziele

Mit der europaweiten Gemeinschaftsinitiative INTERREG II verfolgt die EU die Absicht, die

grenzüberschreitende Zusammenarbeit zu intensivieren. Gebiete an der EU-Binnengrenze wie das Hochrheintal sollen gefördert werden, um Grenzregionen stärker zusammenwachsen zu lassen. Grenzüberschreitende Projekte, in denen Partner verschiedener Länder zusammenarbeiten, werden finanziell unterstützt. Die bewilligten Projekte sollen einen direkten Nutzen für die Bevölkerung haben und müssen einem regionalen Interesse entsprechen.

Im vorliegenden Projekt wird der europaweite Gedanke der Integration aufgenommen und auf die Region übertragen. Es werden Grenzen abgebaut, Dialoge intensiviert und eine gemeinsame Basis für eine nachhaltige Entwicklung auf dem Gebiet des Grundwasser- und Bodenschutzes geschaffen.

Im Januar des Jahres 2001 wurde auf der 13. Rheinschutzkonferenz IKS in Straßburg das neue Programm „Rhein 2020“ – Programm zur nachhaltigen Entwicklung des Rheins – verabschiedet. Dieses Programm integriert den Grundwasserschutz in die Ziele der Rheinschutzpolitik für die nächsten 20 Jahre. Der Gewässerschutz am Rhein beinhaltet gemäß diesem Programm ausdrücklich auch den Grundwasserschutz.

Der Aspekt des grenzüberschreitenden Grundwasserschutzes entlang des Rheines ist mit dem vorliegenden INTERREG-Projekt „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal“ schon drei Jahre vor der Verabschiedung des Rhein-Programms aufgegriffen worden. Für das neue Programm „Rhein 2020“ bilden die in diesem INTERREG-Projekt erarbeiteten Grundlagen eine solide Basis, um die für das Jahr 2020 anvisierten Ziele zu erreichen.

Aus den vielfachen Wechselbeziehungen Böden - Oberflächengewässer - Grundwasser im Hochrheintal ergeben sich für das Projekt „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal“ folgende übergeordnete Ziele:

- Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Grundwasser-, Trinkwasser- und Bodenschutzes

- Erstellen einer Datenbank für Boden- und Grundwasserdaten und deren Integration in einem Geographischen Informationssystem (GIS)
- Erstellen von thematischen Karten zur Hydrogeologie des Hochrheingebiets (z.B. Grundwasservorkommen, Nutzungen, hydraulische Verbindungen unter dem Rhein hindurch etc.)
- Erstellen von grenzüberschreitend einheitlichen Bodenkarten mit dem Schwerpunkt auf den Schutzfunktionen der Böden für das Grundwasser

Erstmals werden bei diesem Projekt die Bereiche Hydrogeologie und Boden gleichzeitig und in enger Abstimmung behandelt, um so möglichst detaillierte Informationen über die Systemzusammenhänge zwischen Boden und Grundwasser zu erhalten und die Schutzfunktionen des Bodens für das Grundwasser besser beurteilen zu können.

Die Sicherung von Wasservorkommen für eine künftige Nutzung ist ein Ziel der Raum- und Regionalplanung. Im Regionalplan 2000 des Regionalverbandes Hochrhein Bodensee (1998) und in den Kantonalen Richtplänen sind diese Ziele näher bestimmt. Die Ergebnisse dieses Projekts bilden eine wichtige Grundlage für die regionale Raumplanung im Hochrheingebiet.

### 1.3 Umsetzung des Projekts

Die grundsätzliche Vorgehensweise sowie die wesentlichen Arbeitsschritte, die notwendig wurden, um die Projektziele zu erreichen, werden im folgenden kurz dargestellt.

Für das Hochrheintal liegen eine Vielzahl von Untersuchungen zum Grundwasser und zu den Böden vor. Diese befinden sich insbesondere beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB), dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel (GPI), bei den Fachstellen der Schweizer Kantone, den Landratsämtern, den Rheinkraftwerken und den Wasserversorgungsunternehmen auf beiden Seiten des Rheins. Während beim LGRB und beim GPI die Daten schon relativ systematisch gegliedert, teilweise

---

schon in Datenbanken vorgehalten werden, mussten in vielen Teilgebieten die dezentral verwalteten Daten geortet, erhoben und systematisch zusammengestellt werden.

Als Grundlage für die Erstellung der thematischen Karten wurde eine Datenbank errichtet. Die Erarbeitung der Datenbankstruktur erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem LGRB, dem GPI und den beiden Arbeitsgruppen Hydrogeologie und Boden. Das Büro Geo7 (Bern) realisierte daraus eine Access 97 Datenbank mit Dateneingabemasken. Die Datenbank enthält grundwasserrelevante punktbezogene Daten (z.B. Information über Messstellen, Bohrbeschreibungen etc.) sowie punkt- und flächenbezogene Bodendaten. Parallel dazu wurde der Arbeitsablauf des GIS-Projektteils mit dem verantwortlichen GIS-Büro in medias res GmbH (Freiburg i.Br.) festgelegt.

Mit der Sichtung, Aufbereitung, digitalen Erfassung und Plausibilitätsprüfung der Daten wurden private Büros beauftragt. Generelles Ziel war, sich schwerpunktmäßig auf vorhandene Unterlagen zu stützen. Eine Neuerhebung von Daten war aus Kostengründen außer für die Stichtagsmessung und die Vervollständigung der Bodenkartierung nicht vorgesehen. Anhand kartographischer Darstellungen der vorhandenen Unterlagen konnte rasch ein Bild über die Datendichte gewonnen werden. In Gebieten mit erheblichen Datenlücken fanden ergänzende Recherchen und weitere Datenerhebungen statt.

Im hydrogeologischen Teil wurden aus den geologisch-hydrogeologischen Unterlagen die thematischen Karten erarbeitet. Die Stichtagsmessung der Grundwasserstände stellt für die Darstellung der Grundwasserisohypsen im gesamten Projektgebiet ein zentrales Element der ergänzenden Datenerhebungen dar. Allein die Vorabklärungen zur exakten Höhenlage der Messstellen bedingten einen erheblichen Aufwand. Anfang November 2000 wurden schließlich innerhalb von drei Tagen im gesamten Projektgebiet an rund 850 Messstellen die Grundwasserstände gemessen.

Für den Bereich Boden lagen auf Schweizer Seite für Teilgebiete Bodenkarten in verschiedenen Kartierungsmaßstäben vor. Diese Karten

wurden gesichtet, im Hinblick auf den Bearbeitungsmaßstab 1 : 25 000 generalisiert und, wo nötig, die Bodenbildungen in Waldflächen ergänzt. Auf deutscher Seite gab es kaum Informationen zum Bodenbestand. Kurzfristig konnten die fehlenden Bodenkartierungen, die im Rahmen der baden-württembergischen Landesaufnahme schon geplant waren, vorgezogen werden.

Die vervollständigten und vereinheitlichten Daten wurden mit den Ergebnissen der Zusatzerhebungen von „in media res“ (Freiburg i.Br.) mittels GIS bearbeitet. Dies beinhaltete die Erstellung von Polygonen, die Attributierung der Flächen, die Datenanalyse und die notwendigen Verschnittoperationen. In zahlreichen Fachsitzen wurden die einzelnen Themenentwürfe diskutiert, korrigiert und durch externe Fachstellen geprüft. Die Verknüpfung zwischen der zentralen Datenbank und der Kartenbearbeitung über das GIS erforderte eine enge Zusammenarbeit zwischen den bearbeitenden Büros und den Projektbeteiligten.

Die Untersuchungsergebnisse sind im vorliegenden Bericht dokumentiert. Dazu gehören verschiedene thematische Karten und der Erläuterungstext. Die vollständigen Daten liegen in digitaler Form vor und werden von den beteiligten Fachstellen für ihren jeweiligen Zuständigkeitsbereich weiter verarbeitet.

## 1.4 Organisation des Projekts

Bei diesem grenzüberschreitenden Projekt arbeiteten das Land Baden-Württemberg, die Landkreise Lörrach und Waldshut und die vier Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt und Zürich zusammen. Außerdem waren der Kanton Schaffhausen und die Région Alsace informell einbezogen. Da Teile des Projektgebiets im Kanton Schaffhausen liegen, hat sich dieser Kanton außerhalb der INTERREG-Vereinbarungen im Rahmen der Datenerhebung auf freiwilliger Basis finanziell beteiligt.

Die Projektleitung (Abb. 1.1) war zuständig für die finanzielle und technische Abwicklung des Projekts. Sie bestand aus vier Mitgliedern (je zwei aus Deutschland und aus der Schweiz). Der Landkreis Waldshut war für das Gesamtprojekt

als Projektverantwortlicher bestimmt worden. Ihm oblag auch die Kassen- und Buchführung.

Die Projektsteuerungsgruppe setzte sich zusammen aus Vertretern aller mitfinanzierenden deutschen und Schweizer Fachstellen. Sie war verantwortlich für den organisatorischen Ablauf des Projekts und traf die Entscheidungen über die einzelnen finanziellen Projektschritte (z.B. Auftragsvergaben). Vertreter der Région Alsace und des Kanton Schaffhausen waren als Gäste in der Projektsteuerungsgruppe vertreten.

Eine der Hauptaufgaben der Arbeitsgruppen war die Erarbeitung der Karten zu Hydrogeologie und Boden. Weitere bedeutende Bausteine waren das Zusammenstellen der Grundlagen für die Datenbankstruktur und die Ausschreibungen, vor allem für die GIS-Arbeiten. Das Projekt profitierte von der engen, gut funktionierenden Zusammenarbeit zwischen der Projektleitung, den Arbeitsgruppen und den projektbearbeitenden Stellen bzw. Büros. Das LGRB, das GPI und andere Behörden und Fachstellen haben

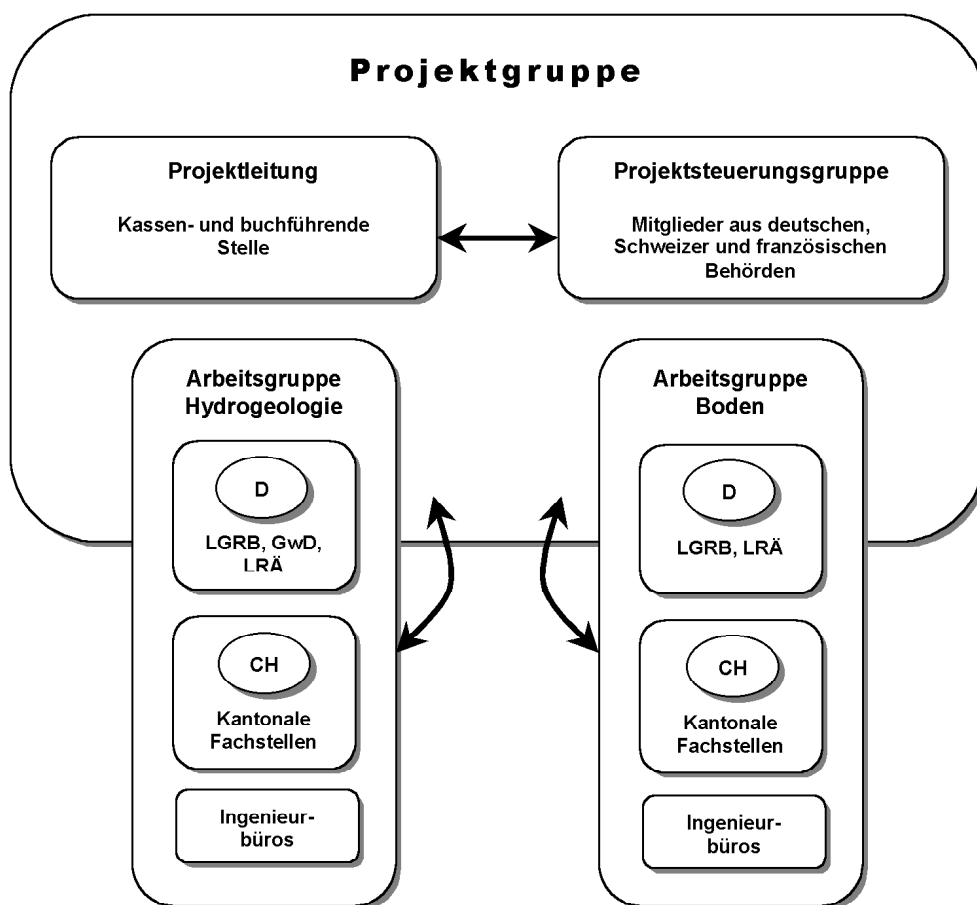


Abb. 1.1: Organisation für das Projekt „Erkundung der Grundwasserleiter und der Böden im Hochrheintal „

Für die Bereiche Hydrogeologie und Boden wurde jeweils eine Arbeitsgruppe eingerichtet. Die Leiter dieser Arbeitsgruppen waren auch Mitglieder der Projektleitung. In diesen Arbeitsgruppen wurden die zu behandelnden Themen gesammelt, besprochen und bearbeitet. Es wurden u.a. die Aufträge an die externen Ingenieurbüros fachlich formuliert und deren Arbeit begleitet.

erhebliche, nicht im Projekt verrechnete Eigenleistungen eingebracht.

## 1.5 Kosten

Das Projekt erstreckt sich über zwei EU-Programmgebiete (Abb. 1.2). Der östliche Teil fällt in das Programmgebiet „Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein“. Antragsteller war hier der Landkreis Waldshut. Bewilligungsbehörde

für dieses Programmgebiet ist das Regierungspräsidium Tübingen. Der Zuwendungsbescheid für die Projektförderung datiert vom 11.07.1997. Der Kostenanteil am Gesamtprojekt beträgt für dieses Programmgebiet 54,76%.



Abb. 1.2: Zuordnung des Projektgebiets zu den beiden EU-Programmgebieten

Der westliche Teil liegt im Programmgebiet „Oberrhein Mitte-Süd“. Das INTERREG II-Programmsekretariat in Straßburg und das Regierungspräsidium Freiburg sind für dieses Programmgebiet zuständig. Der Projektantrag wurde hier vom Landkreis Lörrach gestellt. 45,24 %

der Gesamtkosten entfallen auf dieses Programmgebiet. Die Modalitäten für die finanzielle Beteiligung der Projektbeteiligten sind in der Einzelvereinbarung vom 22.09.1998 festgelegt.

Das beantragte Projektvolumen umfasst knapp 767.000 Euro oder 1,5 Mio DM. Davon trägt die Schweiz 30%. Auf die deutsche Seite und die EU entfallen jeweils 35% der Gesamtkosten (Abb. 1.3). Die Europäische Gemeinschaft fördert das Projekt aus Mitteln des Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE).

Die Schweizer Kantone erhalten 45% ihrer Beteiligung vom Bund refinanziert. Die finanzielle Abwicklung der Schweizer Projekt-Bundesbeteiligungen erfolgt für den westlichen Teil über die REGIO BASILIENSIS und für den östlichen Teil über den Kanton Aargau.

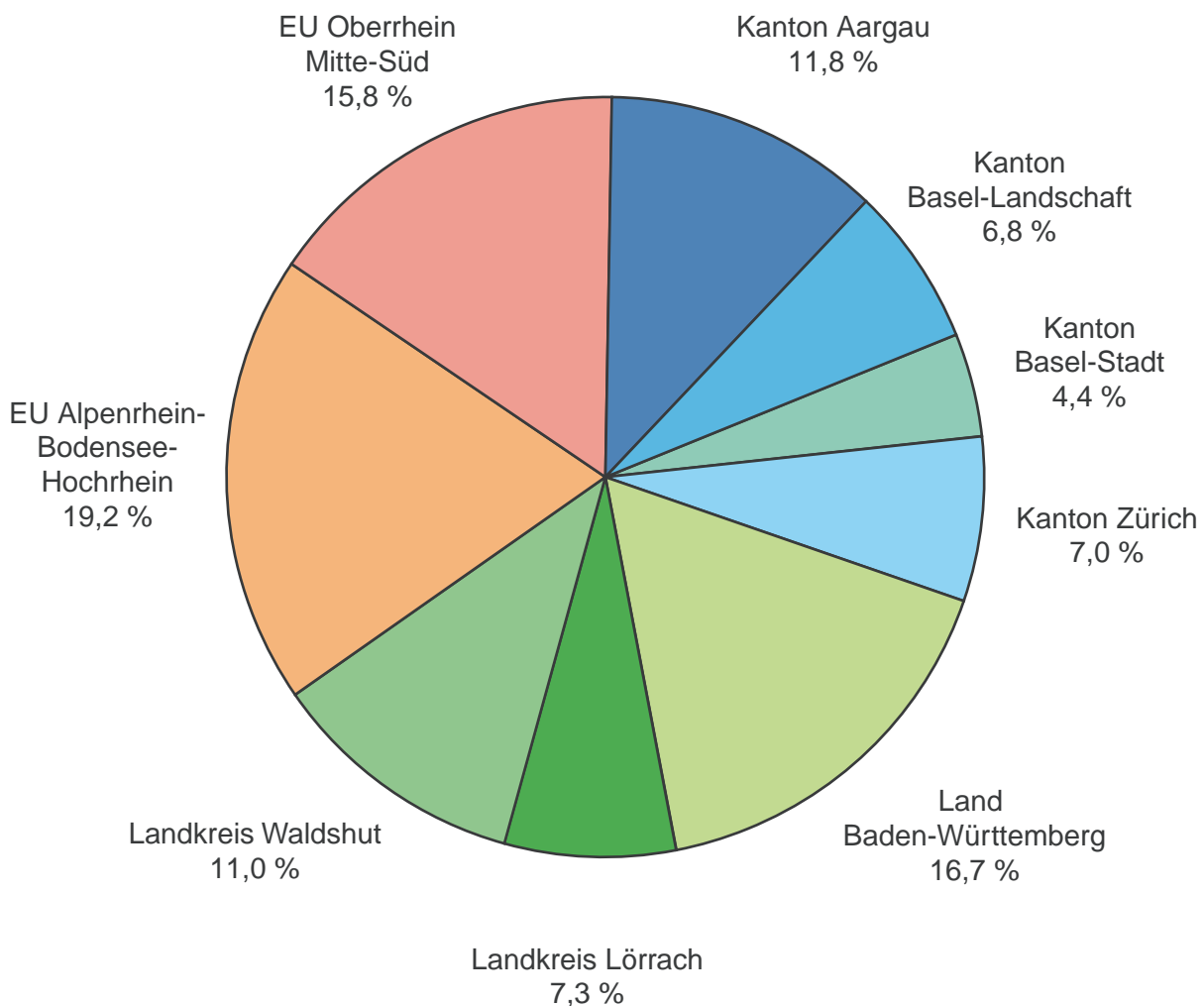


Abb. 1.3: Finanzielle Beteiligung der Projektpartner am Gesamtprojekt

## 2 Beschreibung des Projektgebiets

### 2.1 Lage des Projektgebiets

Das Untersuchungsgebiet des INTERREG II-Projekts "Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal" erstreckt sich von Schaffhausen bis Basel (Abb. 2.1). Es besitzt eine Länge von ca. 125 km und eine Breite von bis zu 10 km und umfasst die eigentliche Flussebene, die höheren Terrassenniveaus und eine Randzone, deren Geologie für das Verständnis der Geologie der Aquiferbasis von Bedeutung ist. Das Gebiet bildet sowohl hydrogeologisch als auch räumlich eine Einheit. Die Integration von Boden-, Geologie- und Hydrogeologie-Informationen in einer Datenbank und in einer GIS-Umgebung erlaubt erstmals einen grenzüberschreitenden Überblick für den Boden- und Grundwasserschutz im Untersuchungsraum. Damit können der Öffentlichkeit die existierenden Grundlagen zahlreicher angewandter Projekte aus dem Gebiet des Boden- und Grundwasserschutzes zugänglich gemacht werden.

Die Untersuchungen in diesem Planungsgebiet schließen an die hydrogeologische Kartierung des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) im Bereich Singen-Schaffhausen-Bodensee an und verknüpfen das Hochrheintal nahtlos mit der ebenfalls im Rahmen von INTERREG-Projekten durchgeführten hydrogeologischen Kartierung des Oberrheintals von Basel bis Karlsruhe. Das im nordöstlichen Teil des Projektgebiets angrenzende Grundwasservorkommen im Klettgau wurde Mitte der 90er Jahre in einem INTERREG II-Projekt (1998) untersucht.

### 2.2 Siedlungsstruktur und Bodennutzung

#### Siedlungs- und Verkehrsstruktur

Das Hochrheintal ist zwischen Schaffhausen und Waldshut-Tiengen nur dünn besiedelt und vorwiegend ländlich geprägt. Ab Waldshut-Tiengen nimmt die Besiedlungsdichte zu. Besonders auf deutscher Seite haben sich zwischen Waldshut-Tiengen und Schwörstadt die Ortschaften zu einem Siedlungsband verdichtet. Die wenigen gering besiedelten Gebiete haben meist eine große Bedeutung für die Grundwassernutzung. Etwa ab Rheinfelden bis nach Basel liegt beidseitig des Rheins eine weitgehend durchgängige Besiedlung vor. Bedeutende Industriestandorte befinden sich in den Abschnitten Muttenz-Pratteln bis Basel und von Rheinfelden (D) bis Grenzach-Wyhlen.

Die Verkehrsverbindungen im Hochrheintal werden immer mehr ausgebaut. Die Talebene wird von stark befahrenen Bundes- bzw. National- und Kantonsstrassen sowie von zwei Bahnlinien durchzogen. Die Bundesautobahn A 98 zwischen Lörrach und Singen ist teilweise im Bau und die restlichen Teile sind in Planung. Die Ballung der Verkehrswege führt zwangsläufig zu einem erhöhten Gefährdungspotenzial für das Grundwasser.

Im mittleren und östlichen Teil des Projektgebiets liegen bedeutende Kiesabbaustätten. Der Anteil der Wiederverfüllung mit Erdaushub und Tunnelausbruch übersteigt in letzter Zeit das Abbauvolumen.



Abb. 2.1: Innerer und äußerer Perimeter des Untersuchungsgebietes

---

## Bodennutzung

Das milde Klima im Hochrheintal bildet zusammen mit den in der Regel gut durchlässigen alluvialen Terrassenböden ideale Standortbedingungen für einen Vegetationstyp, der dem des Schweizer Mittellandes ähnelt und sich stark von den Lebensräumen des Tafeljuras und des Schwarzwaldes unterscheidet. Vorherrschend sind Eichen-Hainbuchen Mischwälder. Lokal treten Auenwälder auf.

Zwischen Laufenburg/Etzgen und Wallbach/Stein fehlen die ausgedehnten Schwemmlerme, da hier die Muschelkalkschichten bzw. das Grundgebirge bis an den Rhein herantreten. Die Bodenverhältnisse im Gebiet des Zusammenflusses von Thur und Rhein geben noch teilweise die vielfältigen Bodenbildungen in der ursprünglichen Auenlandschaft wieder. Neben der Beanspruchung der Böden für Siedlungen, Industrie und Infrastruktur findet auch im mittleren und westlichen Hochrheintal land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung statt. Dabei wird auf den tiefgründigeren Aueböden meist Ackerbau (Getreide, Mais) betrieben. Bei zur Vernässung neigenden oder topographisch steileren Flächen herrscht Grünlandnutzung vor. Auf den flachgründigen Böden über den Terrassenkiesen oder auf staunassen Böden findet sich häufig Wald, wobei Laubwald vorherrscht.

## Wassernutzung und Grundwasser

Charakteristisch für den Hochrhein zwischen Schaffhausen und Basel sind 11 Flusskraftwerke, die die Abflussverhältnisse im Rhein und teilweise auch die Grundwasserstände stark beeinflussen. Aus 18 Wassergewinnungsgebieten auf deutscher und etwa 26 auf Schweizer Seite wird Trinkwasser für private und öffentliche Wasserversorgungen gewonnen. Bedeutende Anlagen befinden sich in Rheinau, im Rafzerfeld, in Zurzach und bei den Wasserversorgungen von Dogern, Laufenburg, Bad Säckingen, Wehr, Rheinfeld (D/CH), Grenzach-Wyhlen, Weil a. R. und in Basel (Hardwasserversorgung und Lange Erlen). Hinzu kommen Thermalwassernutzungen wie z.B. in Zurzach, Bad Säckingen und Rheinfeld (CH).

Hauptgrundwasserleiter des Hochrheintals sind würmeiszeitliche und holozäne Kiese und Schotter mit Grundwassermächtigkeiten von deutlich mehr als 10 m. Örtlich sind die Schotter lagen- oder linsenartig verbacken ("Nagelfluh"). Der Silt- und Tongehalt der Rheinschotter ist im allgemeinen gering. Aquifermaterial aus Seitentälern weicht aufgrund der geologischen Zusammensetzung der jeweiligen Einzugsgebiete meist deutlich vom Rheinschotter ab (z.B. Wutach, Birs, Wiese). Die Aquiferbasis bilden glaziale, feinsandig-siltige Schichten sowie Gesteine der Unteren Meeresmolasse (UMM), der Unteren Süßwassermolasse (USM), des Muschelkalks, des Keupers, des Opalinustons, des Rotliegenden und des Kristallins.

Aus der Karte „Grundwasseroberfläche und -mächtigkeit“ (Karte 1.2) ist ersichtlich, dass die Bereiche mit größter Grundwassermächtigkeit einer epigenetischen Rheinrinne, einem alten, später wieder mit Kies verfüllten Rheinlauf folgen. Diese Rinne "mäandriert" um den heutigen Verlauf des Rheins. Damit wird auch deutlich, dass in bestimmten Flussabschnitten intensive Verbindungen der Grundwasserleiter unter dem Rhein hindurch existieren (z.B. Rafzerfeld-Windlacherfeld, Grenzach-Wyhlen, Hardwald). Aus mehreren Gebieten (Muttentz, Pratteln, Rheinfeld etc.) sind unter den Rheinschottern bedeutende tiefer liegende Grundwasservorkommen bekannt. Je nach tektonischem Kontext existieren Verbindungen zwischen diesen Grundwasserstockwerken.

## 2.3 Gefahrenpotentiale, Schutzpotentiale

Die Gefahrenpotentiale lassen sich anhand der Entwicklung des Grundwasserschutzes illustrieren. In den 50er Jahren vertraute man weitgehend auf das natürliche Reinigungsvermögen der Deckschichten. Seit den 60er und 70er Jahren gelangte man aufgrund von Unfällen mit Benzin und Mineralölen (z.B. Stein, Basel) und Chemikalien (Schweizerhalle) und durch das Auftreten von chlorierten Kohlenwasserstoffen im Grundwasser zur Erkenntnis, dass die Deckschichten nur für gewisse Stoffklassen eine Schutzfunktion ausüben und dass das Rückhaltevermögen für

Stoffe in den Rheinschottern im allgemeinen sehr gering ist. In den 90er Jahren wurden Gefährdungen von Altlasten (Rheinfeldern, Basellandschaft, Grenzach-Wyhlen), alten Industriestandorten (Zurzach, Waldshut-Tiengen, Grenzach-Wyhlen) und großräumigen Bodenverschmutzungen (Rheinfeldern) erkannt und thematisiert. In der Folge entstanden sowohl auf deutscher als auch Schweizer Seite neue Gesetzgebungen, die den Umgang mit Altlasten regeln.

Es hat sich bei vielen Altlasten gezeigt, dass eine effektive Sanierung sehr schwierig ist. Dabei sind hydrogeologische Kenntnisse über den Grundwasserleiter und das Grundwasservorkommen unerlässlich.

Zunehmend wird auch bewusst, dass der bisher auf rein technische Maßnahmen fixierte Gewässerschutz sehr teuer ist. Hinzu kommt, dass sich die Bemühungen lange Zeit auf den Schutz der Wasserfassungen vor abbaubaren wassergefährdenden Stoffen konzentrierte. Diese Wirkung wurde mit dem herkömmlichen flächenbezogenen Schutz und der Aufbereitung des Wassers weitgehend erreicht. Neue Probleme, wie mobile, praktisch nicht oder nur sehr schwer abbaubare Stoffe im Grundwasser, führen zur Erkenntnis, dass langfristig ein effektiver Schutz des Grundwassers nur durch Einbeziehung des gesamten Einzugsgebiets von Grundwasserentnahmepunkten erzielt werden kann. Im Hochrheintal sind die Austauschprozesse zwischen Boden, Oberflächengewässern und dem Grundwasser sowie unterirdischen Randzuflüssen zu berücksichtigen. Die Wasserqualität des Rheins und seiner Zuflüsse spielt für den Grundwasserschutz entlang des Hochrheintales eine wesentliche Rolle.

Hauptgefährdungen für das Grundwasser im Hochrheintal bilden:

- Unfälle mit wassergefährdenden Flüssigkeiten (Straße, Bahn und Rhein einschließlich seiner Zuflüsse)
- Einträge von Düngemitteln aus der Landwirtschaft (Stickstoff und Phosphor)
- Einträge über Pflanzenbehandlungs- bzw. Pflanzenschutzmittel und Klärschlamm, Bioabfall, Kompost

- Störfälle in der Industrie und bei Tankanlagen
- Mikrobiologische Belastungen der Oberflächen- und Grundwässer durch Mischwassereinleitungen (Siedlungsentwässerung) und Einleitungen von Kläranlagen
- Industriealtlasten und punktuelle Einträge in der Umgebung großer Emittenten, welche die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigen und mit lokalen Grundwasserförderungsanlagen in Wechselwirkung stehen
- Lokale Gefährdungen durch Salzeinträge in Gebieten mit Salzvorkommen
- Folgeschäden von Erdbeben

Neue Problemstoffe sind Pharmazeutika (z.B. Mittel mit hormoneller Wirkung) u.a., die über das Abwasser und undichte Kanalisationsleitungen in das Grundwasser eingetragen werden.

## 2.4 Nachhaltige Boden- und Grundwassernutzung

Ein nachhaltiger Grundwasser- und Bodenschutz stellt hohe Anforderungen an die zuständigen Umweltschutzfachstellen. Der Begriff der Nachhaltigkeit bedeutet, dass mit natürlichen Ressourcen so umgegangen wird, dass auch künftige Generationen die Lebensgrundlagen Wasser und Boden nutzen können. Am Beispiel des Grundwasser- und Bodenschutzes wird offensichtlich, dass wirksame Maßnahmen nicht isoliert betrachtet werden können. Gerade weil das Ziel der Nachhaltigkeit so umfassend angelegt ist, sind Zielkonflikte unvermeidbar. Einige davon betreffen unterschiedliche wirtschaftliche Interessen, z.B. Energieproduktion (Flusskraftwerke) und Grundwasserschutz. So könnte z.B. eine Erhöhung des Aufstaus bei einem der Rheinkraftwerke unter Umständen das über Jahre etablierte Gleichgewicht von Grundwasseranreicherung und -entnahme durch eine Remobilisierung von Schadstoffen aus belasteten Industrie- bzw. Unfallstandorten drastisch gefährden. Vor allem in den dicht genutzten Gebieten stehen wir heute vor der Situation, dass Änderungen meist Auswirkungen auf andere Bereiche oder Nutzungen nach sich ziehen. D.h., die Maßnahmen

sollten so angelegt sein, dass sie nicht nur wirtschaftlich effizient, sondern auch auf den Schutz der Umwelt ausgerichtet sind und zudem der gesellschaftlichen Solidarität (z.B. andere Nutzer) Rechnung tragen.

Im Bereich Grundwasser- und Bodenschutz gibt es am Hochrhein zwischen Schaffhausen und Basel eine Reihe solcher Zielkonflikte (Tab. 2.1). Mit dem vorliegenden Projekt wurden die hydrogeologischen und bodenkundlichen Grundlagen erzeugt, die auch bei grenzüberschreitenden Zielkonflikten als Entscheidungsgrundlage dienen können.

Der Nachweis von persistenten, d.h. schwer abbaubaren Stoffen im Grundwasser zeigt, dass

nicht nur die Fassungsgebiete, sondern auch die oberirdischen und unterirdischen Zustrombereiche langfristig geschützt werden müssen. Das Gebiet des Hochrheins zeichnet sich dadurch aus, dass die Grundwasserqualität an vielen Orten an die Qualität des Rheinwassers gebunden ist. Die Güte des Rheinwassers hat sich in den letzten zwanzig bis dreißig Jahren bezüglich vieler Wasserinhaltsstoffe spürbar verbessert, doch darf mit den Anstrengungen zur Erhaltung einer hohen Rheinwasserqualität und damit auch einer hohen Grundwassergüte nicht nachgelassen werden, insbesondere auch im Hinblick auf die gesamte „neue Generation“ von Problemstoffen.

Tab. 2.1: Beispiele für Zielkonflikte im Bereich Grundwasser- und Bodenschutz

<b>Nutzungsänderung</b>	<b>Tangierte Nutzung</b>	<b>Potentielle Beeinträchtigung</b>
Grundwassernutzung A	Grundwassernutzung B	Mobilisierung von Stoffen aus Altlasten oder Betriebsstandorten durch Änderung der Fließverhältnisse
Erhöhung von Grundwasserentnahmen	Landwirtschaftliche Nutzung (Vergrößerung des Zuströmbereichs)	Vermehrter Beizug von Pflanzenschutzmitteln, Düngemitteln; mikrobielle Belastungen; Vergrößerung des Flurabstands im Entnahmebereich (Trockenschäden)
Grundwassernutzung	Unterirdische Salzlaugung	Anstieg der Chloridgehalte im Grundwasser, Setzungsschäden
Stauspiegelerhöhung bei Flusskraftwerken	Änderung der Lage des Grundwasserspiegels	Beeinträchtigung von Grundwassernutzungen; Mobilisierung von Schadstoffen
Revitalisierung von Flüssen	Grundwassernutzung	Änderung der Austauschraten zwischen oberirdischem Gewässer und Grundwasser; Veränderung der Grundwasserqualität
Versiegelung durch Überbauung	Bodennutzung, eventuell Grundwassernutzung	Bodenverlust, verminderte Grundwasserneubildung

### 3 Bestandsaufnahme

#### 3.1 Festlegung der Projektperimeter

##### Projektgebiet

Das Projektgebiet wird durch einen inneren und einen äußeren Perimeter begrenzt (siehe Abb. 2.1). Während der innere Perimeter im wesentlichen das Verbreitungsgebiet pleistozäner und holozäner Flussterrassen im Hochrheingebiet und damit den Talboden umfasst, begrenzt der äußere Perimeter die Festgesteinsumrahmung.

Die bodenkundlichen Daten beziehen sich vorwiegend auf den inneren Perimeter. Im Laufe der Projektbearbeitung wurde aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten der ursprüngliche innere Perimeter verändert. Aus zeitlichen wie auch finanziellen Gründen konnten für die erst gegen Projektende neu hinzugekommenen Gebiete keine bodenkundlichen Daten nacherhoben und ausgewertet werden. Dementsprechend sind in den Karten 2.1, 2.2, 2.3 und 2.5 auch im inneren Perimeter land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen ohne bodenkundliche Information enthalten.

#### 3.2 Geländehöhen und Koordinaten in der Schweiz und in Deutschland

##### 3.2.1 Koordinatensysteme

Die amtlichen topographischen Karten in der Bundesrepublik Deutschland basieren auf dem Bessel Ellipsoid und verwenden eine transversale Mercatorprojektion mit geodätischen Koordinaten. Das Gauß-Krüger-System bildet einen schmalen Meridianstreifen ab, dem ein Hauptmeridian zugrunde liegt. Für Deutschland sind dies die Meridiane 3, 6, 9, 12, 15, 18 und 21 ö.L. von Greenwich. Jeder Streifen erstreckt sich 1°30' östlich und westlich seines Mittelmeridians. Der Nullpunkt für die Zählung von N-S-Strecken liegt auf dem Äquator; auf ihm sind die am rechten und linken Blattende angegebenen Hochwerte in km bezogen. Der Rechtswert wird

von einem 500 km westlich gelegenen Zählpunkt gerechnet und ist am oberen und unteren Blattrand angegeben. Dadurch ist gewährleistet, dass keine negativen Rechtswerte entstehen. Diesem Wert ist die Kennziffer der Hauptmeridiane vorangestellt (z.B. 3° = 1; 6° = 2; 9° = 3; 12° = 4 usw., d.h. die Zahl des Hauptmeridians wird durch 3 geteilt). Aus den randlich angegebenen Rechts- und Hochwerten können die Koordinaten jedes Punktes im Gitternetz abgegriffen werden.

In der Schweiz wird eine konforme, also winkeltreue, schiefachsige Zylinderabbildung benutzt, deren Nullpunkt in Bern liegt. Die y-Achse des Zylinders, die dem Meridian entspricht, zeigt nach Norden und die längentreue x-Achse, die dem Breitenkreis entspricht, ist das Abbild der Berührungslinie des Zylinders mit dem Erdellipsoid. Wie in Deutschland liegt der Projektion ein besselsches Erdellipsoid zu Grunde. Zur Vermeidung negativer Zahlen der y-Werte (Hochwerte) und x-Werte (Rechtswerte) hat der Nullpunkt die Koordinaten  $y = 200$  km,  $x = 600$  km, wodurch z.B. für Punkte westlich von Bern die x-Werte unter 600 und für Punkte südlich von Bern die y-Werte unter 200 liegen.

##### 3.2.2 Koordinatentransformation

Die Koordinatentransformation von deutschen in Schweizer Koordinaten und umgekehrt wurde für Punktdaten (Datenbank), Vektordaten (Coverages) und Rasterdaten mittels der Transformationsroutinen durchgeführt. Grundsätzlich erfolgten alle Bearbeitungsschritte im Schweizer Koordinatensystem, und erst die Endprodukte wurden wieder in das deutsche System transformiert. Alle gedruckten Karten sind im Schweizer Koordinaten- und Höhensystem dargestellt.

**Punktdaten:** Die auf deutschem Gebiet erfassten deutschen Koordinaten und die auf Schweizer Gebiet erfassten Schweizer Koordinaten wurden jeweils in das andere System transformiert. Die Datenbank enthält somit für alle Punktdaten zwei Koordinatenpaare.

**Vektordaten:** Die Bearbeitung der Vektordaten (Digitalisierung, Korrektur, Erstellung der Topologie) erfolgte überwiegend im Schweizer Koordinatensystem. Erst die fertigen Coverages wurden in das deutsche Koordinatensystem überführt.

**Griddaten:** Grid-Datensätze, wie z. B. die Landsat-Daten zur Landnutzung, wurden, wenn sie in deutschen Koordinaten vorlagen, ebenfalls zur weiteren Bearbeitung in das Schweizer Koordinatensystem transformiert.

**Topographische Rasterdaten:** Bei den topographischen Rasterdaten fand ebenfalls der Schweizer Datensatz Verwendung, da er im Gegensatz zum deutschen flächendeckend für das gesamte Projektgebiet vorliegt. Eine Projektion in das deutsche Koordinatensystem wurde im GIS durchgeführt.

### 3.2.3 Höhensysteme in der Schweiz und in Deutschland

Die Schweizer Höhen der amtlichen Vermessung der Schweiz werden im sogenannten System LN02 angegeben. Dieses System beruht auf der Verwendung von Nivellementhöhen ohne Berücksichtigung von Schweremessungen. Der Ausgangspunkt der schweizerischen Höhenmessung ist eine Höhenmarke am Pierre du Niton (R.P.N.), einem Felsblock im Genfer Hafen, der 373,6 m über dem mittleren Wasserstand des Mittelmeeres liegt. In Baden-Württemberg werden normal-orthometrische Höhen, bezogen auf NN, verwendet.

### 3.2.4 Höhentransformation

Aus den unterschiedlichen Höhenmodellen ergibt sich zwischen Basel und Schaffhausen eine ortsabhängige Variation der Schweizer Höhe im Vergleich zur deutschen Höhe. Gemeinsame Höhenfixpunkte beider Systeme beschränken sich im wesentlichen auf die Punkte an den Grenzübergängen (Tab. 3.1, Abb. 3.1). Die Differenzen zwischen Schweizer und deutschen Höhen bewegen sich dabei von 27 cm in Basel bis 33 cm bei Konstanz. In Nord-Südrichtung zwischen Neuhausen und Eglisau bleiben die Unterschiede relativ konstant.

Aus diesem Grund wurde eine lineare Ausgleichsfläche interpoliert, die auf den gemeinsamen Höhenfixpunkten am Rhein basiert und die ortsabhängige Variation der Höhe wiedergibt. Sie dient als Basis für die Höhentransformation.

Tab. 3.1: Gemeinsame Höhenmesspunkte und Höhendifferenzen zwischen Deutschland und der Schweiz

Messpunkt	Höhe Schweiz - Höhe Deutschland (cm)
Basel	+ 27
Rheinfelden (Baden)	+ 27
Bad Säckinggen	+ 28
Laufenburg	+ 27
Koblenz	+ 28
Kaiserstuhl (CH)	+ 31
Eglisau	+ 32
Neuhausen	+ 32
Konstanz	+ 33

## 3.3 Hydrogeologie

### 3.3.1 Vorhandene Daten

Für die Erarbeitung der Kartenthemen wurden zu den hydrogeologischen Objekten die in Tab. 3.2 aufgeführten Mess- und Beobachtungsdaten erhoben.

Die zusammengestellten hydrogeologischen Daten stammen aus den Archiven der beteiligten Kantone, der Landratsämter, des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB), des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Basel (GPI)

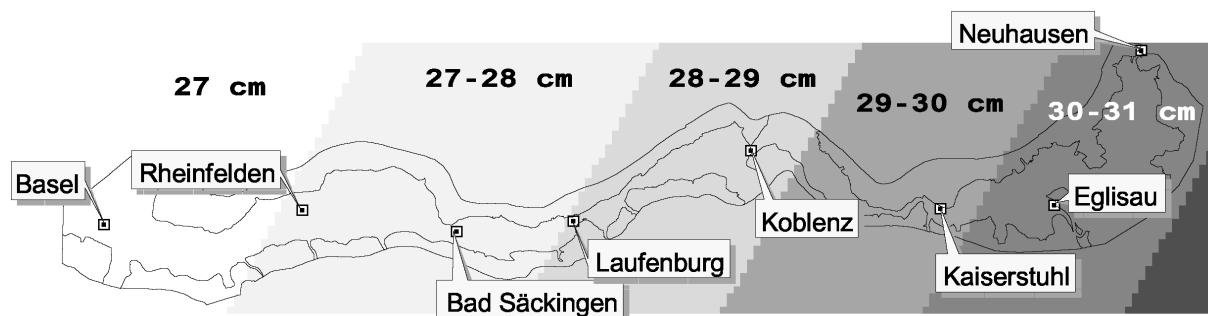


Abb. 3.1: Ausgleichsfläche zur Höhentransformation

sowie von Kraftwerkbetreibern und Privaten. Während LGRB und GPI schon weitgehend auf eigene digitale Datenbestände zurückgreifen konnten, mussten die übrigen Daten z. T. in aufwändiger Kleinarbeit zusammengetragen werden. Aktuelle Erkenntnisse zur Geologie der Gebiete Zurzach und Laufenburg konnten dabei von den neuen geologischen Karten des Bundesamtes für Geologie und Wasser (Bern) übernommen werden.

Das Geologisch-Paläontologische Institut der Universität Basel hält die Informationen von ca. 3000 Bohrungen aus den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft in digitaler Form. Die Struktur (NOACK 1996) erlaubt die Verknüpfung

von Berichten, Bohrungen, geologischen Profilen und geologischen Karten. Die Tabellen lieferten z. T. das Gerüst für die Datenbankstruktur der vorliegenden INTERREG-Datenbank.

Die Aufschlussdatenbank (ADB) des LGRB umfasst Stammdaten, Schichtdaten und zu den Bohrungen zusätzlich technische Bohrdaten. Die Stammdaten enthalten Angaben zur räumlichen Referenzierung, die Schichtdaten die geologische Beschreibung der erbohrten Gesteine und die technischen Bohrdaten Information zum Bohrvorgang (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau 1999). Die Aufschlussdatenbank lieferte den Hauptteil der hydrogeologischen Daten auf baden-württembergischem Gebiet.

Tab 3.2: Datengrundlagen Hydrogeologie

Hydrogeologisches Objekt	Mess- und Beobachtungsdaten
Bohrungen	Bohraufzeichnungen: - Niveau der Aquiferdeckfläche - Niveau der Aquiferbasis - Petrographie der alluvialen Kiese - ggf. Stratigraphie des unterlagernden Festgesteins
Grundwassermessstellen	- Lage des Grundwasserspiegels
Quellen	- Austrittsniveau - Schüttung - Nutzung
Grundwasserfassungen, Grundwasseranreicherungen	- Nutzung - Entnahme - Anreicherungen
Niederschlagsmessstationen	- Niederschlagshöhen

---

Daten aus dem KIWI (Kommunikativ Integriertes Wasserwirtschaftliches Informationssystem) der baden-württembergischen Umweltverwaltung wurden ergänzend herangezogen. Das KIWI befand sich allerdings während der Phase der Datenerhebung für das Projekt in der Umstellung auf das neue Datenführungssystem WAABIS (Informationssystem Wasser, Abfall, Altlasten, Boden), wodurch die Nutzung eingeschränkt war.

### 3.3.2 Erhebungen bei Behörden und Fachstellen

Mit der ergänzenden Datenerhebung und dem Datenabgleich in Baden-Württemberg wurden private Büros beauftragt (Weber-Ingenieure Lörrach für den Landkreis Waldshut; Geotechnisches Institut, Weil am Rhein für den Landkreis Lörrach).

Die Aufgabe der Büros war:

- die Ausfilterung der im Projektperimeter gelegenen Bohrungen
- der Abgleich der LGRB-Aufschlussdaten mit den KIWI-Daten
- die Überarbeitung und Ergänzung von Datenfeldern in der Datenbank
- die Durchführung von ergänzenden Erhebungen auf der Grundlage einer Durchsicht von Akten und Archiven bei Behörden, Wasserversorgern, Verbänden etc.

Zusätzlich zu den 1710 Bohrungen, die in der LGRB-Bohrdatenbank erfasst waren, wurden weitere 304 Bohrungen im Landkreis Waldshut und 110 im Landkreis Lörrach erhoben.

Im Kanton Aargau sind Informationen zu mehr als 5500 Sondierbohrungen und geologischen Berichten in der Datenbank BOHRINFO enthalten. Es handelt sich dabei um eine Umsetzung der Bohrkataster-Basisdaten, die bei bewilligungspflichtigen Bohrungen dem Baudepartement zur Verfügung gestellt werden müssen. Eine eingeschränkte Auswahl an Bohrinformationen (Gemeinde, Koordinaten, Bohrtiefe und Hinweise auf Berichte) ist über Internet-Abfrage (siehe Kap. 6 Literatur, Links) direkt der Öffentlichkeit zugänglich. Zur Ausfilterung der benö-

tigten Bohrungen und zur Ergänzung der Daten wurden durch das Büro mbn (matousek, baumann & niggli AG), Baden, verschiedene Handarchive des Baudepartementes (Grundwasser, Erdwärme, Kies, Altlasten) ausgewertet.

Der Großteil der Arbeiten für die Datenerhebung musste im Kanton Zürich privaten Geologiebüros übertragen werden. Wie in den Kantonen Aargau und Schaffhausen war das Büro mbn auch im Kanton Zürich mit der Erhebung beauftragt. Massgeblich mitgeholfen hat dabei das Geologische Büro Dr. von Moos AG, Zürich. Da im Kanton Zürich der Aufbau eines Bohrkatasters erst in der Aufbauphase steht, konnte die zuständige kantonale Fachstelle des Kantons Zürich (AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Wasserwirtschaft) nur unterstützend wirken.

Für alle drei Kantone zusammen wurden 1342 Bohrungen erhoben. Das Vorgehen ist in einem internen Bericht festgehalten (mbn 1999).

### 3.3.3 Stichtagsmessung

#### Überblick

Als Basis für die Konstruktion des Grundwassergleichenplans diente eine im November 2000 durchgeführte Stichtagsmessung. Der Vorbereitungsaufwand dafür war insofern groß, als über den Zustand vieler Messstellen nur sehr lückenhaft Informationen vorlagen. So war oft unklar, ob die Messstellen noch existieren und wenn ja, ob sie unterhalten und regelmäßig gemessen werden. Häufig mussten auch die Angaben zu den Referenzhöhen überprüft werden.

In der Region Basel konnte auf ein relativ dichtes Grundwasserüberwachungsnetz zurückgegriffen werden, ebenso in den Gebieten Grenzach und Rheinfeldern. Dennoch war auch hier der Aufwand für die Detailabklärungen bezüglich der Messstellen beträchtlich. Die hohe Datendichte im westlichen Teil des Arbeitsgebiets ist weitgehend auf die Überwachung von großen Grundwassergewinnungsanlagen, die industrielle Nutzung von Grundwasser, Großbaustellen, die Planung von Kraftwerksanlagen und die Überwachung von Altlasten zurückzuführen. Sie

spiegelt die große Bedeutung der Grundwasservorkommen im westlichen Projektgebiet wider.

Die Koordination der Stichtagsmessung lag beim GPI Basel. An den umfangreichen Vorbereitungen (Auswahl der Grundwassermessstellen, Vorabklärungen) und Messungen waren viele verschiedene Institutionen beteiligt:

- Basel-Stadt und Basel-Landschaft: Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel (Leitung der Messkampagne auf Schweizer Seite), Kantonales Labor BL, Hardwasser AG, Industrielle Werke Basel, Amt für Umwelt und Energie BS sowie Amt für Umweltschutz und Energie BL
- Landkreis Lörrach: Landratsamt Lörrach (Umweltschutzamt), Geotechnisches Institut (Weil am Rhein), Fa. Degussa AG, sowie als lokaler Wasserversorger der Wasserverband Südliches Markgräflerland
- Landkreis Waldshut: Landratsamt Waldshut (Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft), Büro Weber-Ingenieure (Lörrach; Leitung der Messkampagne), Gewässerdirektion Bereich Waldshut-Tiengen, Stadtwerke Waldshut-Tiengen, Stadtwerke Bad Säckingen und weitere kommunale Träger der Wasserversorgung, Rhein-Kraftwerke und Papierfabrik Albruck
- Aargau: Baudepartement des Kantons Aargau (Abteilung Umweltschutz, Abteilung Tiefbau), mbn AG (Baden), kommunale Wasserversorgungen, Rheinkraftwerk Albruck-Dogern, Solvay Schweiz AG (Zurzach), Kernkraftwerk Leibstadt AG, Ciba Spezialitätenchemie (Kaisten), Kieswerk Schwarb AG (Eiken), Rheinkraftwerk Rheinfelden, Kraftwerk Reckingen
- Zürich: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (Abt. Wasserwirtschaft), mbn AG (Baden), Geologisches Büro Dr. von Moos AG (Zürich), kommunale Wasserversorgungen, NOK Nordostschweizerische Kraftwerke.

### Vorerkundung

In einer Vorerkundungsphase fand eine Evaluation der aus der Projekt-Datenbank vorselektierten Messpunkte vor Ort statt. Geprüft wurden:

- Auffindbarkeit
- Zugänglichkeit
- Erforderliche Öffnungswerkzeuge
- Zustand
- Abstichkoten

Die Dokumentation für jede der überprüften Messstellen beinhaltet einen Lageplan (Ausschnitt Katasterplan), eine Kopie des Katasterblattes, Angaben über die Geologie des Untergrundes und die Lage des Grundwasserspiegels sowie teilweise eine Fotografie der Messstelle. Besonderheiten wurden in einer Skizze oder stichwortartig festgehalten. Für Messstellen, die nicht mehr betriebstüchtig oder nicht auffindbar waren, wurden Ersatzmessstellen gesucht.

Automatische Messnetze und Messstellen mit Pegelschreibern wurden einbezogen. Entnahmeraten von durchschnittlich mehr als 5 l/s können im Projektgebiet den Grundwasserspiegel merklich beeinflussen. Die Zählerstände der relevanten Grundwasserpumpstationen wurden deshalb

Tab. 3.3: Anzahl und regionale Verteilung der für die Stichtagsmessung ausgewählten Messstellen

Landkreis Lörrach	181
Landkreis Waldshut	154
Kanton Basel-Stadt	120
Kanton Basel-Landschaft	119
Kanton Aargau	169
Kanton Zürich	107
<b>Gesamtgebiet</b>	<b>850</b>

---

im Zeitraum der Stichtagsmessung festgehalten. Infiltrationsraten künstlicher Grundwasseranreicherungen stellten die Hardwasser AG und die IWB (Lange Erlen) zur Verfügung.

### **Durchführung der Stichtagsmessung**

Im Zeitraum von 6.11.00 bis 8.11.00 wurden im ganzen Projektgebiet manuell die Abstiche gemessen. Das Amt für Umwelt und Energie (AUE) Basel-Stadt führte parallel Ablesungen von automatischen Messpegeln im Gebiet Basel-Stadt durch. Im Auftrag des AUE Basel-Landschaft wurden im Kanton Basel-Landschaft im gleichen Zeitraum ebenfalls Grundwasserstandsmessungen vorgenommen. Alle Messungen im Kanton Zürich wurden am 6.11.00 vom Büro mbn AG unter Mithilfe des Büros Dr. von Moos AG durchgeführt. Die Abteilung Umweltschutz (Baudepartement) übernahm die manuellen Messungen im Kanton Aargau. Private Messnetzbetreiber haben zusätzliche Messdaten beigesteuert. Im Landkreis Waldshut führte das Büro Weber-Ingenieure (Lörrach) den Hauptteil der Messungen durch. Es wurde dabei von vielen Stellen unterstützt, die an der Vorabklärung beteiligt waren. Das Geotechnische Institut (Weil am Rhein) war für die Pegelmessungen im Landkreis Lörrach verantwortlich. Es erhielt Unterstützung von privaten Messstellenbetreibern und lokalen Wasserversorgern.

Die insgesamt 850 Messstellen, die bei der Stichtagsmessung berücksichtigt wurden (Tab. 3.3), sind als Belegpunkte im Grundwassergleichenplan (Karte 1.2) eingetragen. Im westlichen Teil des Projektgebiets konnte innerhalb des inneren Projektperimeters eine hohe Flächendeckung erreicht werden. Ein dichtes Messnetz ist hier notwendig, um die komplexen Auswirkungen der Grundwasseranreicherungen und -entnahmen im Grundwassergleichenplan nachbilden zu können. Für den Zeitraum der Stichtagsmessung wurden deshalb auch die Förderraten von 24 Grundwasserpumpstationen im Kanton Basel-Stadt und von 47 Grundwasserpumpstationen im Kanton Basel-Landschaft erhoben. Im zentralen und östlichen Projektgebiet war die Anzahl Messstellen geringer. Da hier Siedlungskerne und größere industrielle Einzelverbraucher weiträumig verteilt sind, sind Effekte durch die

Grundwassernutzung weniger gravierend. Daher konnte auch im zentralen und östlichen Projektgebiet eine ausreichende Dichte an Messstellen erreicht werden.

### **Messpunkthöhe**

Messpunkthöhen von Grundwassermessstellen und Brunnen beziehen sich per Definition auf einen bestimmten Messpunkt, meist auf OK Messrohr. In der INTERREG II-Datenbank wurden im dafür vorgesehenen Datenfeld ("ME\_CH\_HÖHE") auch Höhen mit anderem Bezug (z. B. Geländehöhen) abgespeichert. Um die Wasserstandsmessungen eindeutig auf NN beziehen zu können, war es an einer hohen Anzahl von Messstellen notwendig,

- die Messpunkthöhen auf den tatsächlichen Messpunkt zu korrigieren,
- fehlende Messpunkthöhen zu ergänzen,
- durch Umbau der Messstelle veraltete Messpunkthöhen zu aktualisieren.

Diese Kontrollarbeiten waren mit einem bedeutenden Mehraufwand verbunden. In Zukunft muss die Art des Referenzpunkts ebenfalls in der Datenbank archiviert werden, z.B. OK Rohr, OK Terrain, OK Schacht usw. Empfehlenswert ist zudem ein Hinweis auf eine verlässliche Informations- und Dokumentationsquelle (z.B. kantonale Fachstelle).

## **3.4 Boden**

### **3.4.1 Zielsetzung**

Der nachhaltige Schutz des Grundwassers setzt einen effektiven Schutz der Böden voraus. Dies gilt besonders in einem Raum wie dem Tal des Hochrheins, wo die Grundwasserneubildung, neben Infiltration von Rheinwasser und seitlichen Zuflüssen durch versickernden Niederschlag erfolgt. Gleichzeitig stehen die Böden hier unter einem besonderen Nutzungsdruck durch den Bedarf an Industrie-, Siedlungs- und Verkehrsflächen mit den jeweiligen Gefährdungspotentialen für das Grundwasser.

Es ist daher Ziel des INTERREG II-Projekts, die Böden des Hochrheintals anhand bestehender Unterlagen (vor allem in der Schweiz) und neuer

Erhebungen (vor allem in Baden-Württemberg) zu erfassen und auf beidseits des Rheins unabhängig von nationalen Klassifikationsunterschieden gleich gut für den Schutz der Umwelt anwendbaren Karten darzustellen.

### 3.4.2 Grundlagen

Die vorhandenen Grundlagen und die Neukartierungen sind in Abb. 3.2 dargestellt.

#### **Vorhandene Bodenkarten im Maßstab 1 : 25 000**

Für die Erstellung der Bodenkarte des Projektgebiets konnten auf baden-württembergischer Seite Daten der Bodenkarten des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Blätter 8315 Waldshut-Tiengen, 8411 Weil am Rhein und 8412 Rheinfeldern (Baden) (BOLL & RILLING 1998, 2000) verwendet werden. Während die Geometrien dieser Karten weitestgehend unverändert übernommen wurden, wurden deren Inhalte entsprechend dem Schweizer System mit Angaben zum Wasserhaushalt und zur pflanzennutzbaren Gründigkeit ergänzt. Zusätzlich wurden die Bodenparameter entsprechend den Projektvorgaben in der Datenbank erfasst.

Auf Schweizer Seite wurden die Bodenkarten der Eidgenössischen Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz (1988-1993; Bodenkarten mit Erläuterungen 1 : 25 000 Blätter, 1048 Rheinfeldern, 1049 Laufenburg, 1050 Zurzach) verwendet.

Bei der Auswertung bestehender Bodenkarten 1 : 25 000 waren die Werte für einige Bodenparameter in die für das Projekt vereinbarte Klassierung zu transformieren. Ziel war dabei, deutsche und Schweizer Bodenkarten im Projektgebiet einheitlich darzustellen und eine gemeinsame Basis für thematische Ableitungen zu schaffen (v. a. Skelettgehalt, pH-Wert und Humusgehalt der Böden).

#### **Bodenkarten im Maßstab 1 : 5 000**

Die folgenden auf Schweizer Seite vorhandenen Bodenkarten 1 : 5 000 wurden im Projekt verwendet:

- Volkswirtschafts- und Sanitätsdirektion Kanton Basel-Landschaft, Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain (1994-99): Bodenkarten Kanton Basel-Landschaft und Kanton Basel-Stadt 1 : 5 000
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich (1996/97): Landwirtschaftliche Bodenkarte 1 : 5 000
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich (1993): Waldbodenkarte 1 : 5 000

Um die geforderte Mindestgröße für die im Projekt abzugrenzenden Kartiereinheiten zu erreichen, mussten diese generalisiert werden. Die Zusammenfassung von benachbarten Kartiereinheiten wurde nach einem eigens dafür erarbeiteten Regelwerk durchgeführt. Wesentliche Entscheidungskriterien waren dabei Landschaftselemente und Ausgangsmaterial sowie die Flächenverhältnisse der zu generalisierenden Flächen. Auch hier musste die Klassifikation der o.g. Parameter an die Vorgaben des INTERREG II-Projekts angepasst werden. Das genaue Vorgehen ist in der Projektdokumentation beschrieben.

#### **Bodenkartierungen**

Im Rahmen des INTERREG II-Projekts führte das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg im Jahre 1998, mit kleinen Ergänzungen im Jahr 2000, auf baden-württembergischer Seite eine bodenkundliche Kartierung des im Projektgebiet gelegenen Teils der Kartenblätter 1 : 25 000 8317/8417 Jestetten, 8413 Bad Säckingen, 8414 Laufenburg (Baden), 8415 Küssaberg-Dangstetten und 8416 Ho-

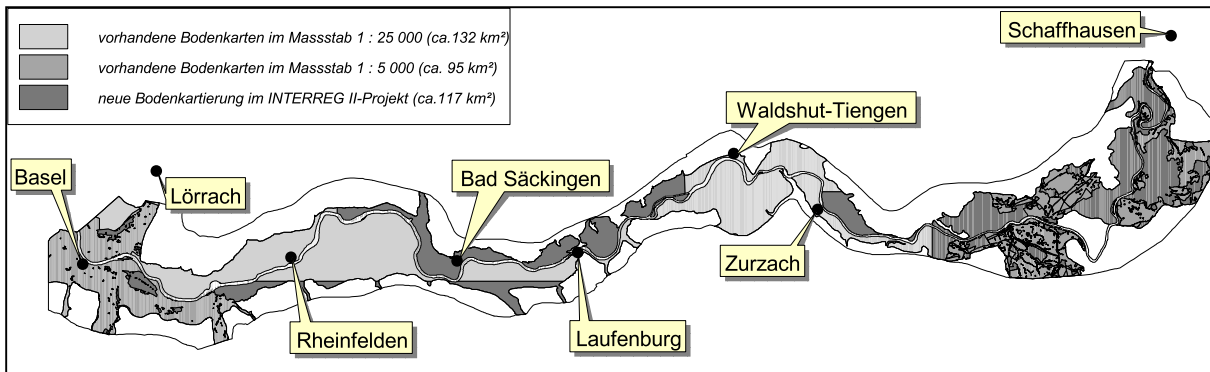


Abb. 3.2: Bodenkundliche Kartengrundlagen im Projektgebiet

hentengen am Hochrhein durch. Die Bodenprofile wurden, soweit möglich, bis mindestens 10 dm, stellenweise bis 20 dm unter Flur aufgenommen. Bei der Profilaufnahme im Gelände wurden bodenprägende Standortfaktoren erfasst (Relief, Nutzung, Grundwasserstand etc.), Bodenmerkmale horizontweise beschrieben (Bodenart, Farbe, Humus- und Kalkgehalt, Gefüge, Bodenfeuchte etc.) und das Gesamtprofil durch Angabe von Bodentyp und Bodenartenschichtung sowie die geologische Kennzeichnung des Ausgangsgesteins charakterisiert. Die Dokumentation der erhobenen Daten basiert auf dem Symbolschlüssel Bodenkunde zur Beschreibung von Bodenprofilen und Kartiereinheiten des GEOLOGISCHEN LANDESAMTS BADEN-WÜRTTEMBERG (1995). Die Auswahl der Aufnahmeorte und die Abgrenzung der Kartiereinheiten im Gelände erfolgte dabei in erster Linie nach geologischen und morphologischen Gesichtspunkten. Wertvolle Hilfsmittel waren Bodenschätzungskarten, Forstliche Standortskarten (1 : 10 000), Geologische Karten (1 : 25 000) sowie Topographische Karten (1 : 25 000), deren Vergrößerung in den Maßstab 1 : 10 000 der Geländearbeit zugrunde lag.

In Ergänzung zu den bereits vorhandenen Bodenkarten wurde auf Schweizer Gebiet eine Fläche von 3040 ha neu kartiert, zwei Drittel davon waren Wald. Die Felddaten wurden im Maßstab 1 : 25 000 von envico AG (Zürich), BABU GmbH (Zürich) und Peter Schwab (Waldaltingen) durchgeführt und basieren methodisch auf der Anleitung der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Zürich-Reckenholz (1997). Die Flächenkartie-

rung wird gestützt durch die detaillierte Beschreibung von 30 Bodenprofilen (ca. 1 je 100 ha). Von den beiden wichtigsten Horizonten wurden Feinerdekörnung, Humusgehalt und pH-Wert analysiert. Die Profilsprachen sind in Feldprotokollen dokumentiert. Die zusammengestellten Daten sind in der Projektdokumentation, Teil „Boden“, enthalten.

#### Profil- und Analysendaten

Die Parameterwerte der während der bodenkundlichen Kartierung auf deutscher und Schweizer Seite näher untersuchten und analysierten Bodenprofile sind in der Projektdatenbank abgelegt. Daten spezieller Bodenuntersuchungen (u. a. auf Schadstoffe oder aufgrund landesweiter Messnetze) liegen bei den zuständigen Behörden vor. Auf baden-württembergischer Seite sind hier die Landratsämter Lörrach und Waldshut sowie die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, auf schweizerischer Seite die Bodenschutzfachstellen der Kantone Basel-Stadt, Basel-Landschaft, Aargau und Zürich zu nennen. Diese Bodendaten wurden nicht in die INTERREG II-Datenbank integriert. Auszüge entsprechender Daten sind in der Karte 2.6 "Schwermetallgehalte der Böden" dargestellt.

#### 3.4.3 Homogenisierung der Bodendaten

Für die bereits bestehenden Bodenkarten auf Schweizer Seite war der pH-Wert nicht systematisch erhoben worden. Wo nötig, wurde deshalb die Zuordnung zu einer der für dieses Projekt festgelegten pH-Klassen aus den verfügbaren

Informationen abgeleitet. Die nähere Vorgehensweise ist in der Projektdokumentation Teil "Boden" beschrieben.

Die Bodenkundlichen Kartieranleitungen der Bundesrepublik Deutschland (AG Bodenkunde 1982, AG Boden 1994) enthalten Vorgaben, um aus den Bodenparametern "Bodenart", "Humusgehalt" und "Lagerungsdichte" die Bodenkennwerte "Feldkapazität", "nutzbare Feldkapazität", "potentielle Austauschkapazität" und "Wasserdurchlässigkeit" abzuleiten. Da die genannten Bodenparameter nicht für das gesamte Projektgebiet vorlagen, wurden vereinfachte Transformationstabellen erstellt, um in Abhängigkeit von den Wasserhaushaltsgruppen, getrennt für Ober-

und Unterboden, Bodenkennwerte ermitteln zu können. Diese Tabellen sind ebenfalls in der Projektdokumentation Teil "Boden" enthalten. Die in der Datenbank archivierten und für die thematischen Karten "2.2 Filter- und Pufferkapazität der Böden", "2.3 Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe" und "2.5 Grundwasserneubildung" verwendeten Kenngrößen beziehen sich immer auf den durch die pflanzennutzbare Gründigkeit definierten vertikalen Bodenabschnitt. Dabei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass, bei der Ermittlung der pflanzennutzbaren Gründigkeit u. a. der Bodenskelettanteil bereits herausgerechnet wurde (siehe Kap. 4.4.1).

## 4 Auswertung und Ergebnisse

### 4.1 Datenbank

Im Rahmen des INTERREG II-Projekts „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal“ wurden durch die Geo7 AG (Bern) Grundlagendaten für den länderübergreifenden Grundwasser- und Bodenschutz in vier relationalen thematischen Datenbanken zusammengeführt: Daten zu Bodenarealen in der Boden Flächendatenbank, Daten zu Bodenprofilen in der Boden Punktdatenbank, Daten zu Bohrungen, Quellen und Markerversuchen in der Datenbank Hydrogeologie und Daten zu Pegel- und Klimastationen in der Stationsdatenbank. Die Strukturen der Datenbanken sowie das Konzept für die Schlüsselbildung waren zuvor in den beiden fachspezifischen Arbeitsgruppen entworfen worden. Alle Datenbanken wurden unter Access97 realisiert. Im Detail dokumentiert werden sie im Dokumentationsband zu diesem Projekt.

#### 4.1.1 Grundkonzept

Drei Datenbanken wurden durch dezentrale Erfassungsstellen gefüllt. Diese Datenbanken bestehen aus Frontend und Backend. Das Backend enthält die eigentliche Datenbank (Tabellen, Datensätze, Beziehungen). Das Frontend umfasst die Erfassungssapplikation, besteht aus Formularen mit integrierten Visual Basic for Applications (VBA) - Prozeduren sowie jeweils einem VBA-Modul, das übergeordnete Funktionen umfasst. Die Erfassungssapplikation dient der dezentralen Datenerfassung durch verschiedene Büros oder Institutionen. Die Applikationen wurden den Erfassungsstellen als Access97 runtime Version zur Verfügung gestellt. Die Daten werden getrennt von den Erfassungssapplikationen gehalten, was Datenmanagement und den Austausch der Daten mit den Erfassungsstellen vereinfacht. Die Bezeichnung von Frontend und Backend wurde einheitlich geregelt (Tab. 4.1).

Tab. 4.1: Übersicht über die im Projekt verwendeten Datenbanken

Datenbank	Frontend	Backend
Boden Flächen DB	B_BODF.MDB	D_BODF.MDB
Boden Punkt DB	B_BODP.MDB	D_BODP.MDB
Hydrogeologie DB	B_HYDROG.MDB	D_HYDROG.MDB
Stations DB	-	D_HYDROG.MDB

#### 4.1.2 Schlüssel

Die Datensätze der Datenbanken mit dezentraler Datenerfassung (D\_BODF.MDB, D\_BODP.MDB, D\_HYDROG.MDB) werden mit der INTERREGNR verschlüsselt (Primärschlüssel). Diese ist innerhalb der Tabelle eindeutig. Die INTERREG-Nummer wird bei der Erfassung eines Datensatzes mit der Erfassungssapplikation berechnet. Die Erzeugung korrekter Schlüssel ist bei den drei Datenbanken D\_BODF.MDB, D\_BODP.MDB und D\_HYDROG.MDB nur dann gewährleistet, wenn neue Datensätze mit der entsprechenden Erfassungssapplikation erfasst werden. Die Berechnung des Schlüssels erfolgt dabei nach folgendem, von der Projektleitung bestimmten Schema:

$$\text{INTERREGNR} = (\text{Gebietsnr} * 100000) + (\text{Erfassungsstellennr} * 10000) + \text{Laufnr}$$

Die Weitergabe der INTERREG-Nummer an abhängige Tabellen (Fremdschlüssel) wird über VBA-Prozeduren in den Erfassungssapplikationen sichergestellt. Die verwendeten Gebiets-, Erfassungsstellen- und Laufnummern werden in jeder Datenbank in der Tabelle tblIntLaufnummern verwaltet. Dabei werden die folgenden Gebietsnummern verwendet:

-1 leer; 0 Aargau; 1 Basel-Land; 2 Basel-Stadt; 3 Schaffhausen; 4 Zürich; 5 Baden-Württemberg; 9 Basel-Stadt.

Die Nummer der Erfassungsstelle wird für jede Erfassungsstelle im VBA-Code der Startmasken festgeschrieben. Die Laufnummer wird mit jedem Speichern eines neuen Datensatzes um 1 inkrementiert. Der Berechnungsformel kann entnommen werden, dass die Zahl der Erfassungsstellen, die im selben Gebiet erfassen, die Anzahl der Datensätze einschränken, die von einer Stelle erfasst werden können. Dies wurde bewusst in Kauf genommen, da die Zahl der

geordnet werden können, und Informationen, die ein Pedon beschreiben, werden in getrennten Tabellen abgelegt. Die Zuweisung Pedon zu Fläche ist in einer weiteren Tabelle definiert. So können auch Komplexe beschrieben werden, ohne dass Pedone doppelt erfasst werden müssen. Die Flächentabelle beinhaltet Angaben zu Geländeform, Heterogenität der Fläche sowie die Nummer des Hauptpedons. In der Pedontabelle werden folgende Angaben verwaltet: Was-

Tab. 4.2: Zuordnung der Erfassungsstellen zu den Datenbanken

Datenbank	Erfassungsstelle	Daten erfasst in Gebiet(en)	Bearbeitung
D_BODF.mdb	0	0,1,2,3,4	envico AG (Zürich), BABU GmbH
D_BODF.mdb	1	5	LGRB, Abt. Bodenkunde (Freiburg i.Br.)
D_BODP.mdb	0	0,1,2,3,4	envico AG (Zürich), BABU GmbH
D_BODP.mdb	1	5	LGRB, Abt. Bodenkunde (Freiburg i.Br.)
D_HYDROG.mdb	0	0,3,4	mbn (Baden)
D_HYDROG.mdb	0	1,2,9	GPI (Basel)
D_HYDROG.mdb	4	4	AWEL, Abt. Wasserwirtschaft (Zürich)
D_HYDROG.mdb	5	5	LGRB, Abt. Hydrogeologie (Freiburg i.Br.)
D_HYDROG.mdb	6	5	Weber Ingenieure GmbH (Lörrach)
D_HYDROG.mdb	8	5	Geotechnisches Institut GmbH (Weil am Rhein)

erfassenden Stellen und die ungefähre Zahl der zu erfassenden Datensätze in diesem Projekt bekannt war. Im Rahmen der Ersterfassung wurden die Erfassungsstellennummern entsprechend Tab. 4.2 vergeben.

#### 4.1.3 Die Boden-Flächendatenbank

Die Datenbank umfasst Grundlagendaten zur digitalen Bodenkarte. In der Boden-Flächendatenbank D\_BODF.MDB werden Bodeninformationen mit Flächenbezug verwaltet. Informationen, die einer Fläche (Bodenareal) zu-

serhaushalt, Bodentyp, Ausgangsmaterial, pflanzenverfügbare und mechanische Gründigkeit, unterschiedliche Feinbodenangaben für D und CH, Skelett- und Humusgehalt, pH, Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität, Luftkapazität sowie potenzielle und effektive Austauschkapazitäten, Tongehalt, Humusgehalt und modellierte Filter-/Pufferkapazität. Im Projektgebiet wurden 2350 Flächen über 1638 Pedone charakterisiert.

Das Entity-Relationship-Quellenmodell zur Boden-Flächendatenbank zeigt die Tabellen der Sachdaten, deren Feldnamen, Schlüssel und

Beziehungen (Abb. 4.1) Die Schlüssellisten (Nachschlagetabellen) sind in der Projektdokumentation dargestellt.

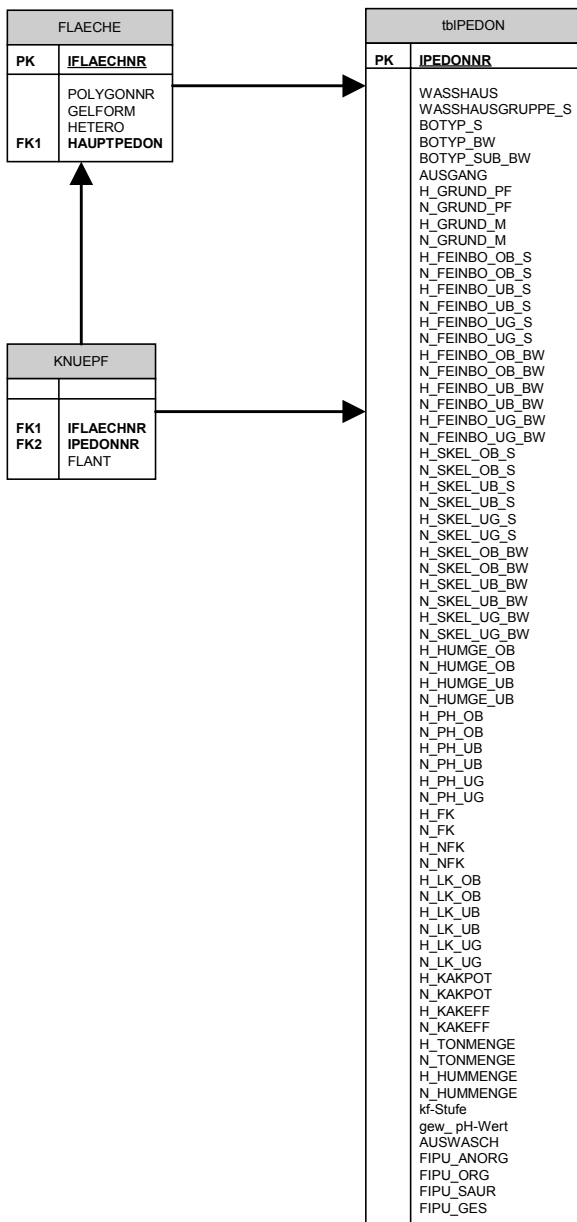


Abb. 4.1: Entity-Relationship-Quellenmodell zur Boden-Flächendatenbank

#### 4.1.4 Die Boden-Punktdatenbank

In der Boden-Punktdatenbank D\_BODP.MDB werden Bodeninformationen mit punktuellm Bezug verwaltet. Sie umfasst Grundlagendaten zu Bodenprofilen und zu gemessenen Werten definierter Parameter in verschiedenen Bodenhorizonten. Die Informationen sind in drei Ta-

bellen organisiert: Standort, Horizont, Wert. Die Tabelle Standort umfasst neben der Lageinformation (Koordinaten und Gemeindezugehörigkeit) Angaben zur Nutzung und zur Größe der Probenahme fläche. In der Tabelle Horizont werden Horizonte charakterisiert über ihre Lage im Profil (Tiefe von bis) sowie über die pedologische Horizontbezeichnung und die Farbe. Die Wertetabelle schließlich umfasst Werte gemessener Parameter unter Angabe des Datums und des analysierenden Labors. Im Projektgebiet wurden an 74 Standorten 295 Horizonte und 1181 Werte unterschiedlicher Parameter erfasst.

Das Entity-Relationship-Quellenmodell zeigt die Tabellen der Sachdaten, deren Feldnamen, Schlüssel und Beziehungen (Abb. 4.2). Die Schlüssellisten (Nachschlagetabellen) sind im Dokumentationsband dargestellt.

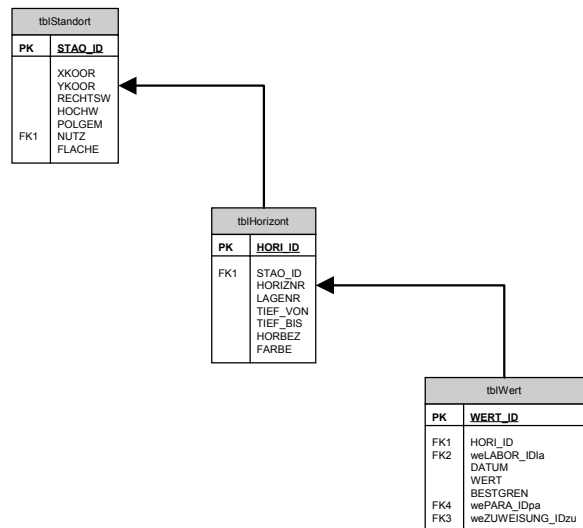


Abb. 4.2: Entity-Relationship-Quellenmodell zur Boden-Punktdatenbank

#### 4.1.5 Die Datenbank Hydrogeologie und die Stationsdatenbank

In der Datenbank Hydrogeologie D\_HYDROG.MDB werden Informationen zu Bohrungen, Quellen und Markiersuchen verwaltet. Die Stationsdatenbank D\_STATIONEN.MDB umfasst Informationen zu Klimastationen und Pegelstationen an Oberflächengewässern im Projektgebiet. Tab. 4.3 zeigt die thematische Gliederung der Daten und weist aus, wie viele Datensätze pro Thema erfasst wurden.

Tab. 4.3: Thematische Gliederung der hydrogeologischen Daten und Anzahl der Datensätze (in Klammer)

D_HYDROG.MDB	Bohrung (7997)	Messstelle (4037)	Nutzung (671)
			Verfilterung (5902)
			Ringraum (766)
			Grundwasser-Pegelmessung (16485)
		Chemie (1458)	
		Bohrprofil (4044)	Schicht (26886)
		Pumpversuch (816)	
	Bohrart (1218)		
	Quelle (250)	Chemie (89)	
	Markierversuch Eingabe (32)	Markierversuch Messstelle (26)	
D_STATIONEN.MDB	Pegelstation (89) an Oberflächengewässer	Einzelmessungen (32)	
		Messreihen (0)	
	Klimastation (14)	Einzelmessungen (0)	
		Messreihen (0)	

Neben der thematischen Gliederung werden in der Datenbank weitere Beziehungen zwischen den Themen abgebildet. So umfasst die Tabelle Chemie sowohl Einträge zu Messstellen wie auch Einträge zu Quellen. Der Eingabeort von Markierstoffen kann über eigene Koordinaten definiert werden, er kann aber auch identisch mit einer Bohrung sein; er weist in diesem Fall die Koordinaten der Bohrung auf. Die Markierversuch-Messstelle wiederum kann ebenfalls über eigene Koordinaten definiert werden, oder sie ist identisch mit einer Quelle oder mit der Messstelle einer Bohrung und weist dann die Koordinaten der Quelle oder der Bohrung auf. Detaillierte Angaben zu den Tabelleninhalten finden sich im Teil Datenbanken der Dokumentation zum Projekt.

Die Entity-Relationship-Diagramme (Abb. 4.3 - 4.6 zeigen die Tabellen der Sachdaten, deren Feldnamen, Schlüssel und Beziehungen. Die Schlüssel listen (Nachschlagetabellen) sind in der Projektdokumentation dargestellt.

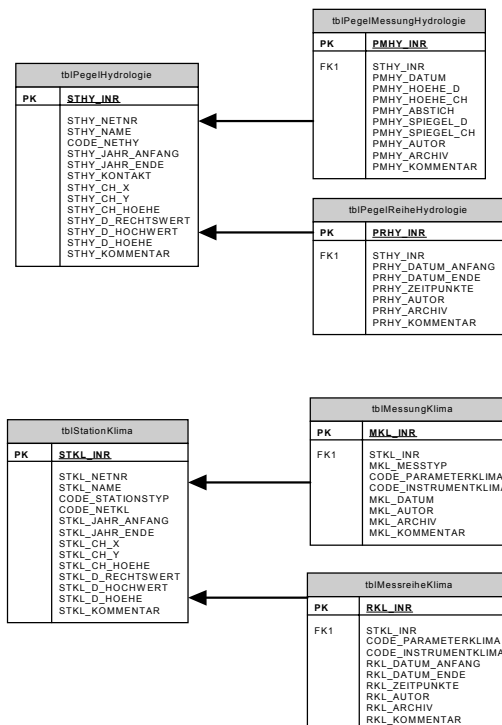


Abb. 4.3: Entity-Relation-Quellenmodell zur Stationsdatenbank der Pegel- (Oberflächengewässer) und Klimastationen

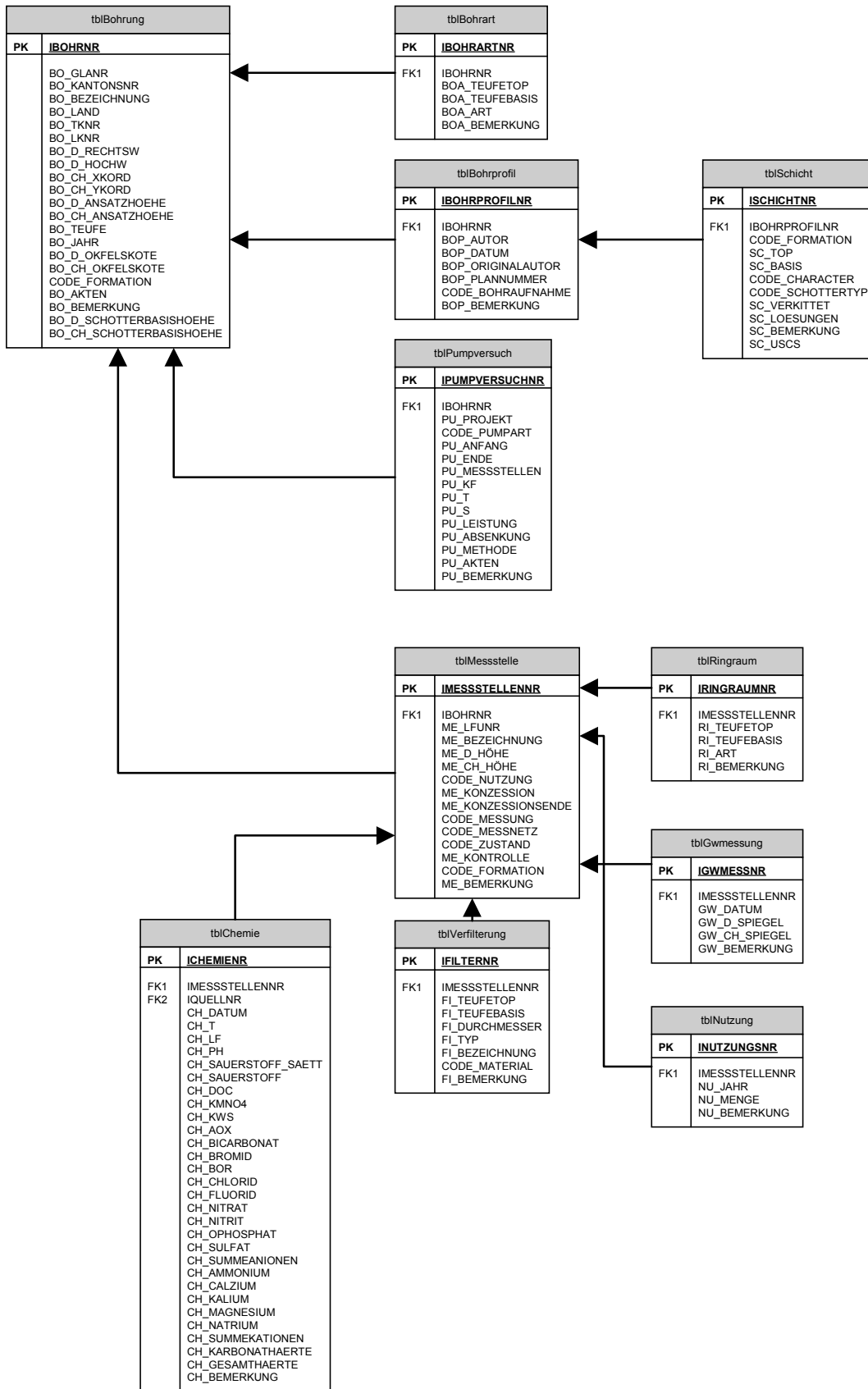


Abb. 4.4: Entity-Relationship-Quellenmodell zur Datenbank Hydrogeologie, Teil Bohrungen

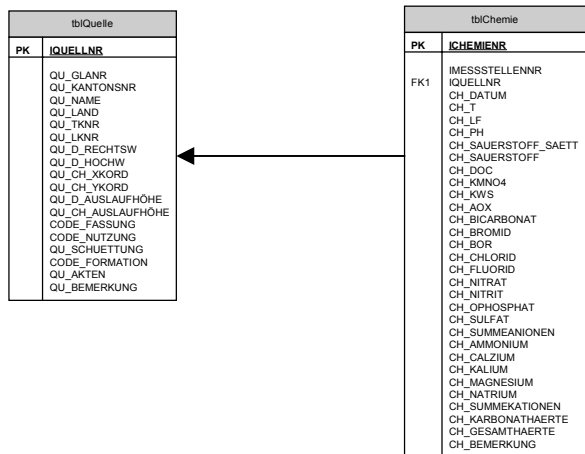


Abb. 4.5: Entity-Relationship-Quellenmodell zur Datenbank Hydrogeologie, Teil Quellen

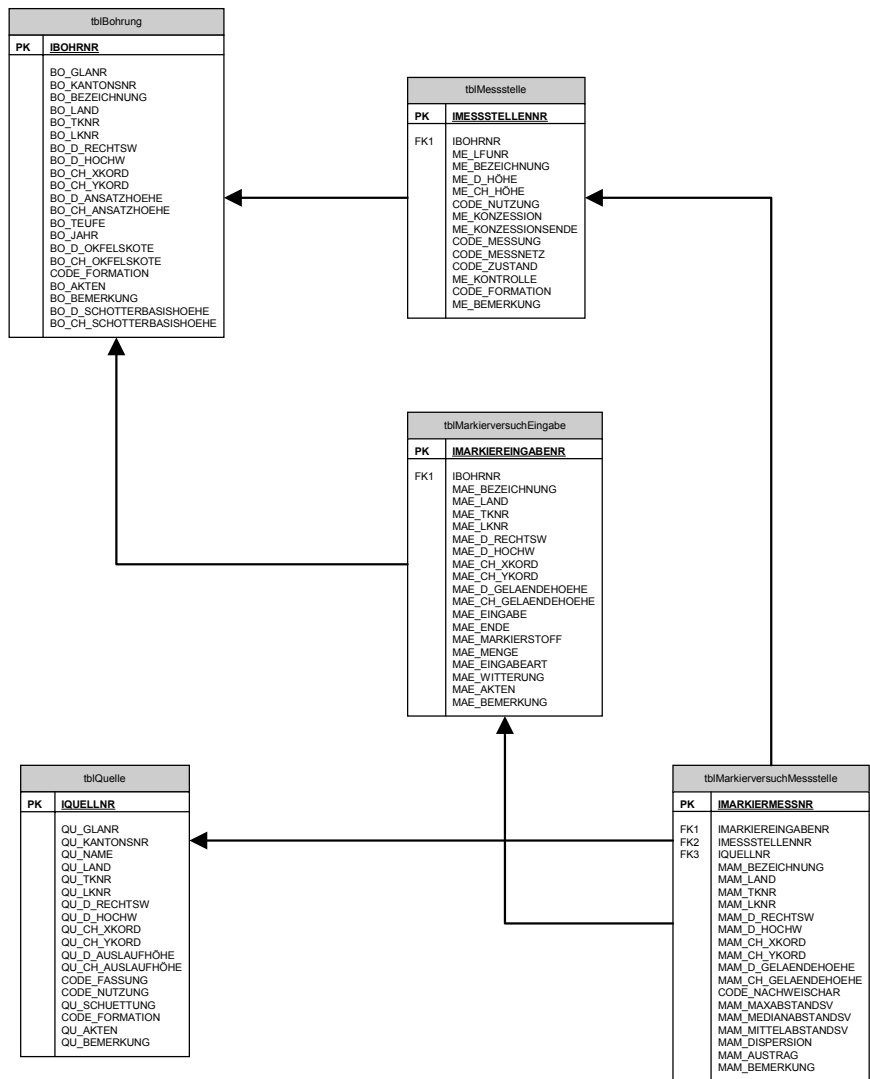


Abb. 4.6: Entity-Relationship-Quellenmodell zur Datenbank Hydrogeologie, Teil Markierungsversuche

## 4.2 GIS

### 4.2.1 Einsatz eines GIS im Projekt – eine Übersicht

Ein Geographisches Informationssystem (GIS) ist ein Werkzeug zur Verarbeitung geographischer Daten. Karten werden in Informationsebenen (Themen), Informationsebenen in Punkte, Linien und Flächen zerlegt. Zusätzlich zur Archivierung von Flächendaten stellt das GIS Methoden zur Verfügung, mit denen die geographischen Daten abgefragt und miteinander in Beziehung gesetzt werden können (Abb. 4.7).

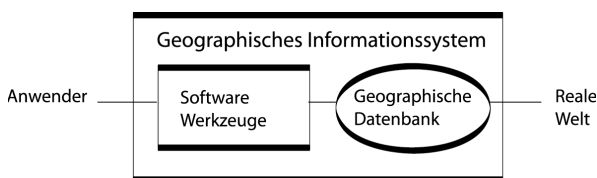


Abb. 4.7: Schematischer Aufbau eines GIS.

Ein GIS ermöglicht es, die geographischen Daten zu erfassen, abzuändern, zu verwalten, zu modellieren und zu analysieren sowie sie graphisch oder alphanumerisch zu präsentieren.

Die einzelnen Informationsebenen werden in speziellen Datenformaten abgespeichert (coverages). Die Lage, Ausprägung und die Beziehung der einzelnen Objekte untereinander wird hierbei als räumliche Information erfasst, deren Eigenschaften (sog. Attribute) als beschreibende Informationen mit abgespeichert. Im INTERREG II-Projekt „Grundwasserleiter Hochrhein“ wurde ein Teil der Daten teilweise in einer Access97-Datenbank (siehe Kapitel 4.1) abgelegt und über ein gemeinsames Schlüsselattribut mit den Geometriedaten verknüpft. Bei anderen Themen wurden die Sachdaten direkt in der Attribute-Tabelle des GIS-Datensatzes gehalten. Tabelle 4.4 stellt den Zusammenhang zwischen Sachdatenhaltung (GIS oder Datenbank) und Ableitung der GIS-Daten mittels eines Algorithmus dar.

### 4.2.2 Eingesetzte Software

Für die Digitalisierung, GIS-Bearbeitung und Visualisierung wurden im Projekt unterschiedliche Softwareprodukte verwendet:

- Digitalisierung: DIGIT, ArcView™
- Aufbau Polygontopologie: ArcINFO™
- Datenverschneidung: ArcINFO™, ArcView™, Spatial Analyst™
- Kartographie: ArcINFO™, ArcView™, Adobe Illustrator 9.0
- Datenabfrage und -visualisierung: Interreg-Informationssystem (ArcView-Erweiterung)
- Digitale Datenpräsentation (Internet, CD): ArcView™, HyperMap (ArcView-Erweiterung), JShape, MapServer

### 4.2.3 Metadaten

#### Allgemeines

Metadaten dienen der Beschreibung und Verwaltung von Daten. Durch das Anlegen von Metadatenkatalogen können aus großen Datenbeständen problemlos die benötigten Informationen extrahiert werden.

#### Einsatz von Metadaten im Projekt

Wegen der Vielzahl der erzeugten Themenkarten, die ihrerseits aus Teildatensätzen bestehen sowie der vielzähligen GIS-Bearbeitungsschritte, war es unumgänglich einen Metadatenkatalog aufzubauen. Durch diesen Katalog war es während der Bearbeitungsphase problemlos möglich, zu jeder Themenkarte alle Datensätze sowie deren Bearbeitungsstand abzufragen. Der Metadatenkatalog erleichterte außerdem die Kommunikation zwischen den einzelnen GIS-Bearbeitern. Der Metadatenkatalog wurde in Access implementiert.

#### Einsatz der Metadaten nach Projektende

Zu jeder Themenkarte existiert nach Abschluss des Projekts eine umfangreiche strukturierte Beschreibung im Metadatenkatalog. Über diese Beschreibung kann der Zugriff auf die Daten erfolgen, wie es in der ArcView-Erweiterung INTERREG-Informationssystem (IIS) realisiert wurde. Auf diese Weise werden die gesamten Informationen allen Nutzern zur Verfügung gestellt.

Tab. 4.4: Zusammenhang zwischen Sachdaten und Ergebnisdaten

<b>Thema</b>	<b>Sachdaten</b>	<b>Algorithmus (Sprache)</b>	<b>Ergebnisse</b>
Wasserhaushaltsstufen	BODF	Ableitung der Wasserhaushaltsstufen (Avenue, AML)	GIS: Polygon-Attribute-Tabelle
Chemischer Bodenzustand	BODP	Darstellungsalgorithmus (AML)	
Land- und Bodennutzung	GIS		
Filter- und Pufferleistung	BODF		
Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe	BODF		
Grundwasserneubildung	GIS + BODF	Verschneidungsalgorithmus (Avenue)	GIS: Gridattribut
Abgedeckte Geologie	GIS + HYDROG	Analoge Konstruktion	GIS: Polygon-Attribute-Tabelle
Höhenlage der Aquiferbasis	HYDROG	Analoge Konstruktion	GIS: Arc-Attribute-Tabelle
Grundwassergleichen	HYDROG	Analoge Konstruktion	GIS: Arc-Attribute-Tabelle
Flurabstand	GIS	Verschneidungsalgorithmus	GIS: Gridattribut
Vorsorgender flächenbezogener Grundwasserschutz	GIS		

BODF = Bodenkundliche Flächendatenbank, BODP = Bodenkundliche Punktdatenbank, HYDROG= Hydrogeologische Datenbank

#### 4.2.4 GIS-Bearbeitung

Die GIS Bearbeitung der thematischen Karten im INTERREG II-Projekt lässt sich in folgende Arbeitsschritte gliedern (Tab. 4.8):

- Digitalisierung
- Zusammenführen verschiedener Datenquellen
- Aufbau einer Polygontopologie
- Erzeugen von abgeleiteten Themen (Verschneidung)
- Datenkonvertierung (Vektor-Rastertransformation)
- Digitale Kartographie bis zur Druckvorstufe
- Aufbau eines Metainformationskatalogs

Die Ausgangsdaten lagen in diversen Formaten vor. So wurden z. B. für die Bodenkarte neu kartierte Flächen digitalisiert und mit den beste-

henden digitalen Bodendaten des LGRB zusammengeführt. Andere Grundlagendaten konnten direkt aus der Datenbank abgefragt werden, wie z. B. die Tiefenlage der Aquiferbasis. Hier wurden Punktkarten erzeugt, die dann für die manuelle Konstruktion des Isolinenplans verwendet worden sind. Zusatzinformationen zu den Bohrungen oder Messstellen wurden den Bearbeitern, sofern sie sich nicht auf der Karte darstellen ließen, mittels der sogenannten Webgis-Technologie zur Verfügung gestellt. Hierzu wurde eine internetfähige, passwortgeschützte GIS-Applikation bereitgestellt. Dadurch konnte gewährleistet werden, dass sämtliche Beteiligte immer auf den aktuellsten Datenbestand Zugriff hatten. Anschließend wurden die gezeichneten Kartenvorlagen am Digitalisiertablett digital erfasst und mit ArcINFO™ weiterverarbeitet. Über eindeutige Schlüsselnummern, die bei der Digitalisierung mit erfasst worden sind, kann anschließend der Bezug zur Datenbank wieder hergestellt werden.

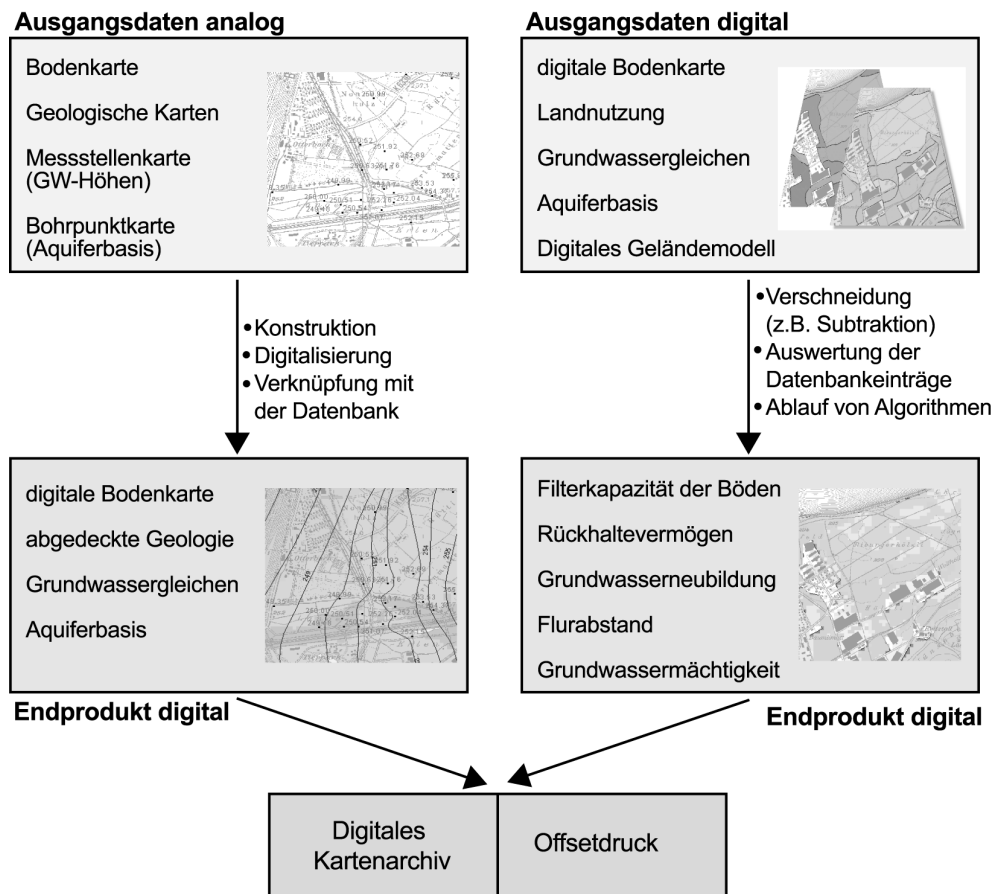


Abb. 4.8 Schematischer Ablauf der GIS-Bearbeitung

Ein Teil der vorliegenden GIS Daten wurde mittels Verschneidungsoperationen erzeugt. So ist beispielsweise das Thema „Flurabstand“ eine Ableitung aus den Themen „Grundwasserstand“ und „Digitales Höhenmodell“, wobei als Operation die Grundwasserhöhen von den Geländehöhen subtrahiert werden.

Für die kartographische Gestaltung der Printprodukte wurden die Themen miteinander kombiniert (z.B. Grundwassergleichen mit Grundwassermächtigkeit) und in vier bzw. zwei Teilblättern in den Maßstäben 1 : 25 000 bzw. 1 : 50 000 dargestellt. Alle gedruckten Karten wurden in Schweizer Koordinaten projiziert gedruckt. Die deutschen Koordinaten wurden zusätzlich im Kartenrahmen eingedruckt.

#### 4.2.5 Datenabfrage und Visualisierung mit dem INTERREG-Informationssystem

Das INTERREG-Informationssystem (IIS) ist eine Erweiterung (Fachschale) für das Geoin-

formationssystem ArcView™. Mit dem IIS lassen sich die im Projekt vorhandenen Datenbanken abfragen, tiefere Kenntnisse der Datenbankabfragesprache SQL werden nicht vorausgesetzt.

Das System bietet Zugriff auf die Datenbanken Hydrogeologie (HYDROG), bodenkundliche Flächendatenbank (BODF) und bodenkundliche Punktdatenbank (BODP). Der Zugriff auf die geografischen Daten (Coverages, Shapefiles und Grids) wird über die Metadatenbank gesteuert (Abb. 4.9).

##### Datenbankabfragemodul

Dieses Modul steuert den Zugriff auf die Sachdatenbanken. Über Dialoge können Abfragekriterien formuliert werden. Beispielsweise können für die Bohrungstabellen räumliche Kriterien oder Bedingungen für Bohrtiefe angegeben werden. Gleichzeitig bietet das Modul die Möglichkeit, vordefinierte Legenden automatisch zu den Daten zu laden (Abb. 4.10).

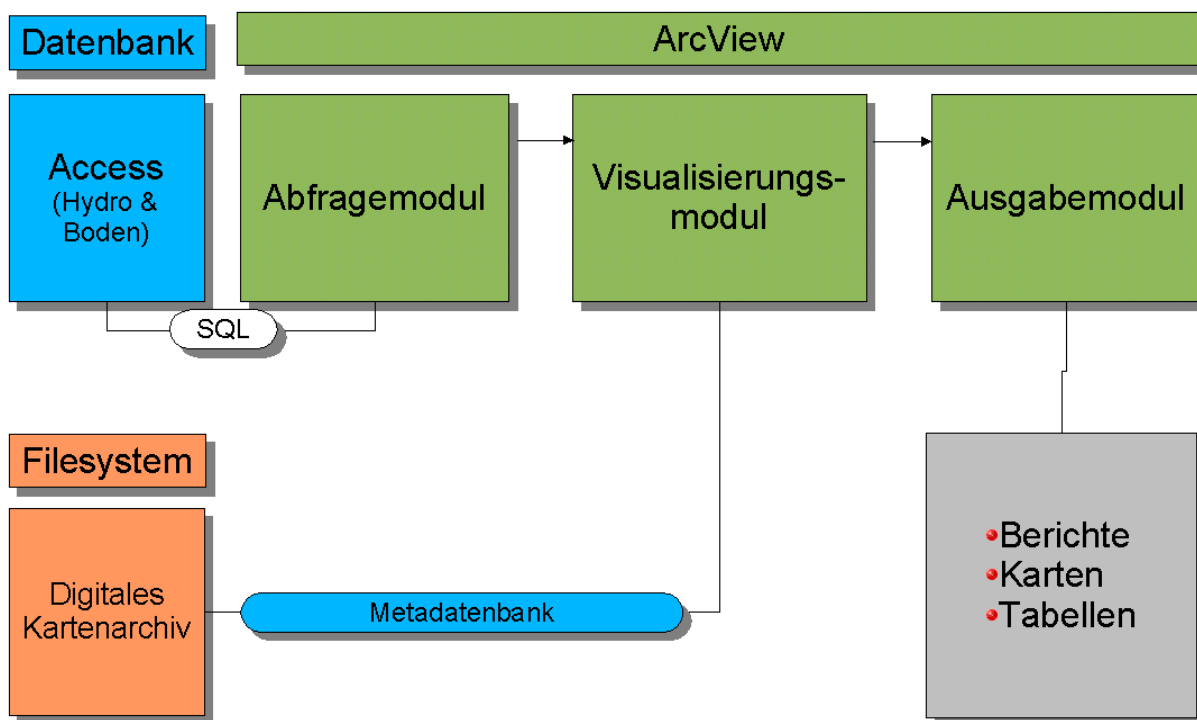


Abb. 4.9: Schematischer Aufbau des INTERREG-Informationssystem

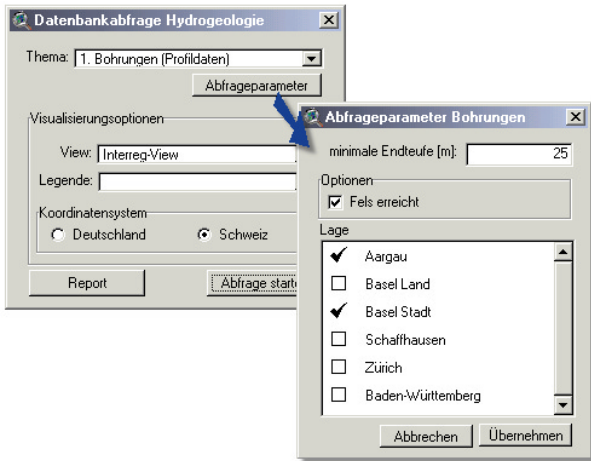


Abb. 4.10: INTERREG-Informationssystem: Beispiele für Dialoge zur Datenbankabfrage

Das Abfragemodul bietet die Möglichkeit, auf die in Tab. 4.5 genannten Tabellen zuzugreifen.

Tab. 4.5: Tabellen und zugehörige Datenbanken, auf die mit dem INTERREG-Informationssystem zugegriffen werden kann.

Tabelle	Datenbank
Bohrungen (nur Stammdaten)	HYDROG
Bohrungen (Stamm- und Profildaten)	HYDROG
Messstellen	HYDROG
Quellen	HYDROG
Bodenkundliche Flächenbeschreibung	BODF
Bodenprofile	BODP

Die GIS-Datensätze werden dem Benutzer über die eingebundene Metadatenbankschnittstelle zur Verfügung gestellt. Der Zugriff auf die verschiedenen Informationsebenen des Projekts erfolgt über einen Schlagwortkatalog (Abb. 4.10). So erbringt z. B. die Auswahl des Schlagworts „Klima“ alle Informationsebenen,

die mit dem Schlagwort „Klima“ assoziiert sind, also die Themen „Niederschlagsverteilung“ und „Grundwasserneubildung“. Hieraus ergibt sich, dass der Benutzer des Systems keine Kenntnisse über die Lage der Daten im Filesystem des Computers benötigt, sondern seine Auswahl rein fachlich treffen kann.

### Ausgabemodul

Für die Ausgabe der Daten stellt das IIS mehrere Layouts zur Verfügung. Zur Ausgabe von Ausschnitten des Projektgebiets wird ein DIN-A4 Layout erzeugt, das automatisch mit Bearbeitungsbox und Kartenrahmen versehen wird. Weiterhin können für Großplotter die Blattschnitte der gedruckten Karten (1 : 25 000 oder 1 : 50 000) erzeugt werden. Hiermit lassen sich also zusätzliche Karten, auch mit unterschiedlichen Themenkombinationen, im Blattschnitt der bestehenden Karten erzeugen.

### 4.2.6 Zukünftige Nutzungsmöglichkeiten

Die GIS-Daten können zukünftig über mehrere Wege genutzt werden. So steht den beteiligten Stellen die Nutzung der Daten mittels ArcView™ und dem INTERREG-Informationssystem (Abb. 4.11) zur Verfügung. Hierbei können sämtliche GIS-Funktionen von ArcView genutzt werden. So besteht die Möglichkeit, neue abgeleitete Themen wie zum Beispiel die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung zu berechnen. Eine weitere Möglichkeit, die Daten digital zu betrachten, besteht über eine HTML-Anwendung. Hierbei kann der Nutzer die Daten mittels eines normalen Internet-Browsers wie Netscape oder Internet Explorer betrachten und bestimmte Attribute der Themen wie Bodeneinheit abfragen. Als dritte Möglichkeit der Nutzung ist ein internetfähiges GIS unter der Website

<http://www.grundwasserleiter-hochrhein.de> eingerichtet. Dort können die Daten dynamisch über das Internet abgefragt werden.

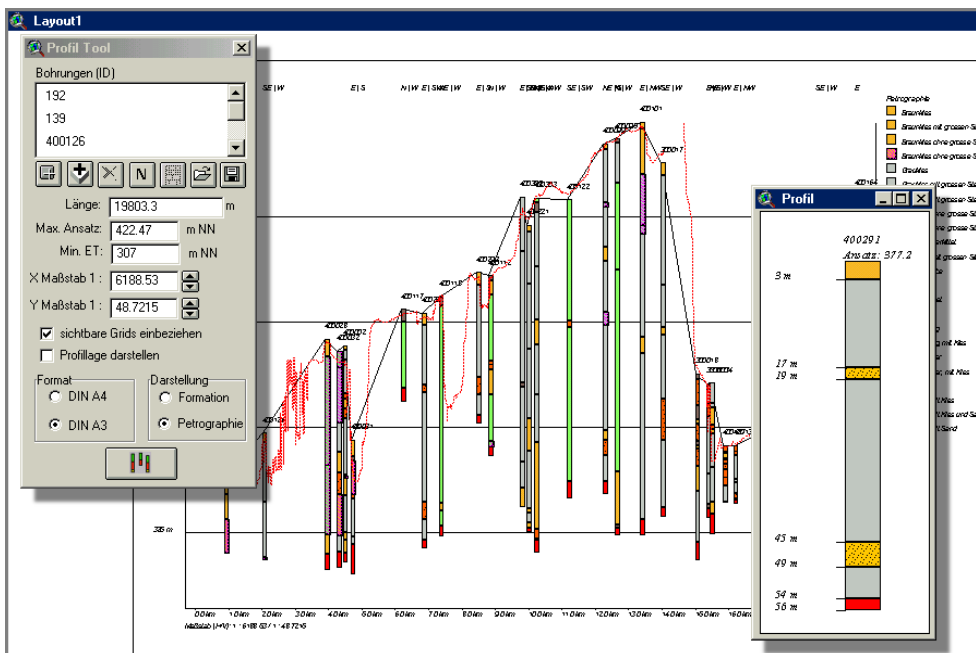


Abb. 4.11: Profil- und Schnittvisualisierung mit dem INTERREG-Informationssystem

### 4.3 Hydrogeologie

#### 4.3.1 Abgedeckte geologische Karte und Aquiferbasis (Karte 1.1)

Den Rahmen für die quartären Lockergesteine, in denen das oberflächennahe Grundwasser fließt, bilden die paläozoischen und mesozoischen Festgesteine, im Osten auch känozoische Grundwassergeringleiter. Der Verlauf der Kiesrinne ist anhand der Aquiferbasiskarte zu verfolgen. Der Isolinenplan vermittelt zudem einen Eindruck von den unterschiedlichen Kiesmächtigkeiten im Bereich des Hochrheintals.

Für die Interaktion mit tieferliegenden Grundwasserleitern liefert die abgedeckte geologische Karte wichtige Erkenntnisse. Sie zeigt einerseits die Bereiche, in denen die quartären Kiese direkt mit tieferliegenden Grundwasserleitern in Kontakt stehen, andererseits auch die Abschnitte, in denen der Talaquifer in geringdurchlässige Gesteine eingebettet ist und praktische kein Grundwasseraustausch zwischen Porengrundwasserleiter und unterlagerndem Festgestein stattfindet.

Für die abgedeckte geologische Karte wurde zuerst der Festgesteinsrahmen zwischen dem inneren und äußeren Projektperimeter, anschließend die Geologie an der Basis des quartären Talgrundwasserleiters innerhalb des inneren Projektperimeters konstruiert.

#### Geologie außerhalb des Hochrheintals

Für die Konstruktion der Geologie außerhalb des Hochrheintals sind die folgenden Arbeitsschritte zu unterscheiden:

- Die für den Bereich zwischen dem inneren und äußeren Projektperimeter existierenden geologischen Karten wurden gesichtet und die Einheiten nach hydrogeologischen Gesichtspunkten gegliedert. Für eine grenzüberschreitende Auswertung mussten die unterschiedlichen geologischen Nomenklaturesysteme vereinheitlicht werden. Das Ergebnis war eine Generallegende für die abgedeckte hydrogeologische Karte.
- Die „Blattrandverwerfungen“ zwischen den verschiedenen Karten wurden bereinigt und die unterschiedlichen Legenden

---

auf die Generallegende umgesetzt. Damit ergab sich für das Gebiet zwischen dem inneren und äußeren Projektperimeter eine vereinfachte, nach hydrogeologischen Kriterien gegliederte geologische Karte.

- Für dieses Gebiet wurden die quartären Ablagerungen abgedeckt. Anschließend wurden die Verbreitung der darunter liegenden tertiären und älteren Gesteine und der Verlauf tektonischer Strukturen rekonstruiert. Die resultierende Karte zeigt die präquartären hydrogeologischen Einheiten ohne quartäre Deckschichten.
- Eine Ausnahme bildet das Gebiet des Tafeljuras, wo die geologischen Verhältnisse nicht in ausreichender Differenzierung bekannt sind. Deshalb ist in diesem Gebiet nur ungegliedertes Mesozoikum dargestellt.

Der so erhaltene "Festgesteinsrahmen" um den inneren Perimeter liefert den Bezug für die Abdeckung des Grundwasserleiters im Hochrheintal.

#### **Geologie an der Basis des Talgrundwasserleiters**

Für die Konstruktion der abgedeckten Geologie im Hochrheintal innerhalb des inneren Perimeters wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Bohrungen, die bis zur Basis der quartären Kiese reichen. Die an der Quartärbasis erbohrten Einheiten wurden der INTERREG II-Datenbank entnommen.
- Deutsche und Schweizer geologische Karten (vgl. Legende von Karte 1.1)
- 3D-Geologisches Modell des Tafeljuras östlich von Basel (SPOTTKE, 2001)
- Forschungsprojekt zur Stratigraphie von Mittel- und Oberpleistozän in der Nordschweiz
- Hydrogeologische Karten auf Baden-Württembergischem Gebiet (Klettgau, Dinkelberg-Hochrhein)

Die Konstruktion der abgedeckten Karte erfolgte manuell. Sie stellt die Verbreitung der kristalli-

nen Gesteine des Grundgebirges, der festländischen, klastischen Sedimente des Permokarbons, der überwiegend marinen Sedimentgesteine des Mesozoikums sowie der tertiären Molassegesteine an der Basis des Talgrundwasserleiters dar. Im Osten des Arbeitsgebietes bilden pleistozäne Seeablagerungen den Untergrund.

Die präquartären Gesteine sind im Folgenden beschrieben. Die hier verwendete Einteilung in Grundwasserleiter und –geringleiter orientiert sich an der Hydrogeologischen Kartieranleitung (ADHOC AG Hydrogeologie 1997), gemäß welcher die Grenze bei  $k_f = 10^{-5}$  m/s liegt.

**Kristallin:** Die kristallinen Gesteine des Grundgebirges (Ortho- und Paragneise sowie diverse Intrusiv-Gesteine) sind vor allem nördlich des Rheins verbreitet, reichen im Süden allerdings auch auf Schweizer Gebiet (z.B. Schlossfelsen von Laufenburg). Das kristalline Grundgebirge taucht im Süden und Osten unter das mesozoische Deckgebirge ab und ist durch alte (später z.T. reaktivierte) Störungszonen und Brüche in ein Mosaik von Schollen zerlegt. Das kristalline Grundgebirge ist als Grundwassergeringleiter einzustufen, weist jedoch im Bereich von Störungszonen Wasserwegsamkeiten auf.

**Permokarbon:** Im Grenzbereich zwischen kristallinem Grundgebirge und mesozoischem Deckgebirge finden sich Gesteine des Oberrotliegenden, der jüngsten randlichen Ablagerungen des Nordschweizer Permokarbons. Es handelt sich um Fanglomerate, Arkosen, Sandsteine und eingeschaltete Ton-Schluffsteine. Sie sind hydrogeologisch insgesamt als Grundwassergeringleiter zu klassifizieren.

**Buntsandstein:** Der Buntsandstein besteht aus einer Folge von Fein- und Mittelsandsteinen, bereichsweise mit konglomeratischen Lagen und quarzitischen Partien, im oberen Teil auch mit Tonsteinen. Die Mächtigkeit beträgt mehr als 50 m. Hydrogeologisch ist er als Kluffgrundwasserleiter einzustufen. Eine gute Wasserführung findet sich bevorzugt im Mittleren Buntsandstein, insbesondere in den konglomeratischen Partien sowie im Bereich von Störungen.

**Muschelkalk:** Der Muschelkalk setzt sich zusammen aus einer Wechselfolge von Mergel-,

Tonmergel-, Dolomit- und Kalksteinen (Unterer Muschelkalk; bis ca. 50 m), der Salinarformation mit Steinsalz, Gips, Anhydrit und Dolomitstein (Mittlerer Muschelkalk; ausgelaugt ca. 30-60 m; unausgelaugt 130 m) und einer mächtigen Kalksteinfolge mit Mergelzwischenlagen (Oberer Muschelkalk; 45-50 m). Vor allem der Obere Muschelkalk bildet einen ergiebigen Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Er steht im Gebiet Koblenz-Waldshut-Full sowie zwischen Wallbach und Augst an der Basis des Talgrundwasserleiters an. Der Mittlere Muschelkalk kann, falls die Auslaugung der Sulfatsalze noch nicht abgeschlossen ist, die Grundwasserbeschaffenheit nachteilig beeinflussen.

**Keuper:** Die Ablagerungen des Keupers behalten eine Wechselfolge von Mergel- und Tonsteinen mit eingeschalteten Sandsteinen, Kalksteinen und Dolomitsteinen, bereichsweise auch mit Gips und Anhydrit. Hydrogeologisch handelt es sich um einen Wechsel von grundwasserleitenden und grundwassergeringleitenden Gesteinen. Dadurch sind mehrere Grundwasserstockwerke und eine schichtig gebundene Grundwasserführung ausgebildet. Die Mächtigkeit des Keupers beträgt etwa 70-90 m.

**Unter- und Mitteljura:** Im Unter- und Mitteljura dominieren Abfolgen von Ton- und Schluffsteinen, mit Einschaltungen von Sandsteinen und Kalken. Die Gesteine sind ganz überwiegend Grundwassergeringleiter und besitzen nur lokal eine geringe Grundwasserführung. Lediglich der Hauptrogenstein ist als Grundwasserleiter einzustufen. Die Gesamtmächtigkeit liegt zwischen 200 und 220 m.

**Oberjura:** Der Oberjura besteht aus einer Folge von z.T. massigen Karbonatgesteinen mit Mergel-Zwischenlagen, die vor allem bei fortgeschrittener Verkarstung einen ergiebigen Kluft- und Karstgrundwasserleiter bilden. Oberjurakalke finden sich an der Basis der jungquartären Kiese bei Neuhausen und Fisibach-Hohentengen. Residualsedimente einer kreidezeitlichen festländischen Verwitterung der Oberjurakalke (Bolustone und Bohnerze) sowie Gelberden kommen punktuell im Gebiet von Dachsen und Fisibach-Hohentengen an der Basis

des Aquifers vor. Die Mächtigkeit des Oberjura kann 200 m übersteigen.

**Tertiär:** Tertiäre Molassesedimente kommen in zwei getrennten Gebieten in unterschiedlicher Ausbildung (Fazies) vor. Es handelt sich dabei einerseits um Sedimente, die im Oberrheingraben im Tertiär, hauptsächlich während des Oligozäns, syntektonisch abgelagert wurden. Die tertiäre Füllung des Oberrheingrabens weist in diesem Gebiet eine Mächtigkeit von ca. 700 m auf. Bei Basel bildet die Rheintalflexur den Ostrand dieser Grabenstruktur.

Im Hochrheingebiet wurde im Tertiär die Mittelländische Molasse abgelagert. Sie keilt entlang einer Linie Rekingen-Küssaberg nach NW aus. Ihre Mächtigkeit nimmt generell gegen SE zu, wobei der größte Anteil der Ablagerungen auf die Untere Süßwassermolasse entfällt. Die darauf lagernden Sedimente der Oberen Meeremolasse (inkl. Brackwassermolasse) sind fast ausschließlich auf den Hügeln am Rand des Rheintals aufgeschlossen; an der Basis des Talaquifers kommen sie lediglich im Bereich des unteren Glattals vor. Die Obere Süßwassermolasse besteht im NW (im Gebiet des Kleinen Randen) aus umgelagertem Material der Schwarzwaldbedeckung (Juranagelfluh), während weiter südlich die Sandsteine der E-W-Schüttung (Glimmersande) dominieren.

Insgesamt handelt es sich bei den tertiären Sedimentgesteinen ganz überwiegend um Grundwassergeringleiter.

**Quartär:** Im Gebiet des unteren Thurtales und im angrenzenden Rheintal zwischen Rheinau und Rüdlingen sowie in einem Teilbereich des unteren Glattals bilden eiszeitliche Seesedimente die Basis der grundwasserführenden Kiese (zusammenfassend als "Seeablagerungen" bezeichnet). Es handelt sich um die Füllung glazialer Becken von z. T. mehreren hundert Metern Tiefe. Die Ablagerungen bestehen zur Hauptsache aus kaltzeitlich abgelagerten Seetonen, enthalten aber auch Diamikte (Moränen) und subglaziale Schotter. Letztere können tiefere Grundwasservorkommen enthalten, die jedoch wahrscheinlich vom Talgrundwasserleiter hydraulisch getrennt sind. Ausnahmen stellen zwei Vorkommen von Deltakiesen im Liegenden der eigentli-

---

chen Rheintalschotter dar (S von Marthalen und NE von Flaach). Sie sind anhand von markanten Vertiefungen in der Aquiferbasis zu erkennen.

**Tektonik:** Für die Grundwasserbewegung in den mesozoischen Festgesteinen ist einerseits das flache Einfallen der Schichten nach Süden bzw. Südosten von Bedeutung, andererseits die intensive tektonische Beanspruchung des Südschwarzwalds und der Nordschweiz. Die mesozoische Sedimentfolge wurde im Zusammenhang mit der Bildung des Oberrheingrabens im Gebiet von MuttENZ, Pratteln und des Dinkelbergs durch zahlreiche NNE - SSW streichende Brüche in gegeneinander versetzte Schollen zerlegt (Tafeljura). Die Bruchsysteme weiter östlich im Projektgebiet stehen meist im Zusammenhang mit der erwähnten Reaktivierung alter Störungszonen im Grundgebirgssockel, welche wahrscheinlich durch die alpine Gebirgsbildung bewirkt wurde. Typisch ist ein SW-NE- bzw. NW-SE-Streichen von Brüchen. Im Gebiet zwischen Mellikon und Zurzach kommt wahrscheinlich ein kleineres Grabensystem vor, das in Richtung des Rheintales streicht.

#### **Aquiferbasis**

Die Konstruktion der Aquiferbasis stützt sich auf eine Vielzahl von Bohrungen im Hochrheintal. Ferner wurde für den Bereich westlich Grenzach-Wyhlen / Pratteln die vorliegende Aquiferbasiskarte des GPI verwendet.

Für die Konstruktion wurde im einzelnen wie folgt verfahren:

- Die vorhandenen Aufschlussbohrungen innerhalb des inneren Perimeters wurden gesichtet und für alle Bohrungen, die die Kiesbasis erreicht haben, das entsprechende Niveau in der Datenbank vermerkt.
- Die Bohrungen wurden mit den Höhenangaben als Belegpunkte in eine Karte eingetragen. Danach wurden manuell 10 m-Höhenlinien konstruiert. In Bereichen, in denen die Kiesbasis sehr flach verläuft, wurden zusätzlich 5 m-Isolinien eingetragen.

- Bei Bohrungen, deren Ansatzhöhen nicht eingemessen waren, wurden die Angaben zum Niveau der Kiesbasis nur als ungefähre Angaben verwendet. Wurde die Kiesbasis nicht erreicht, dienten die Endteufen der Bohrungen als Maß für die Mindestmächtigkeit der Kiese an dieser Stelle.
- Westlich Grenzach-Wyhlen / Pratteln wurde wegen der großen Aufschlussdichte die bestehende Kiesbasiskarte verwendet (s.o.), die mit höherer Auflösung konstruiert wurde. Diese Karte korrespondiert nicht in allen Fällen mit den INTERREG-Belegpunkten.
- Die Aquiferbasiskarte erstreckt sich nicht über das Verbreitungsgebiet der Niederterassenschotter, sondern auch über die Würmmoränen und die Schotter des Rißglazials, wo diese hydrogeologisch mit den Niederterassenschottern eine Einheit bilden.

Die Aquiferbasiskarte lässt den Verlauf einer epigenetischen Rheinrinne erkennen, die mehrfach zwischen deutschem und Schweizer Gebiet wechselt. Die Rinne wird durch Felsschwellen in einzelne Schottervorkommen untergliedert.

#### **4.3.2 Karte der Grundwasseroberfläche und -mächtigkeit (Karte 1.2)**

##### **Allgemeines**

Die Karte der Grundwasseroberfläche und Grundwassermächtigkeit stellt im Maßstab 1 : 25 000 die Grundwasserverhältnisse in den quartären Schottern im Hochrheintal dar, dem obersten und bedeutendsten Grundwasservorkommen in der Region. Die Schotterfüllung des eiszeitlich geprägten Hochrheintals besteht überwiegend aus würmzeitlichen Niederterassenschottern, z. T. auch aus jüngeren Schotterablagerungen. Einzelne Grundwasservorkommen über der Talsohle in den Deckenschottern, wichtige Zustrombereiche für das Talgrundwasser wie auch nennenswerte Karstgrundwasservorkommen in einem tieferen Grundwasserstockwerk sind ebenfalls dargestellt.

Die Karte enthält die Grundwassergleichen, die vorwiegend auf den Ergebnissen der Stichtagsmessung vom 6. bis 8.11.2000 (siehe Kapitel 3.3.3) basieren. Die Grundwassermächtigkeit ist durch eine besondere Farbgebung hervorgehoben.

### **Grundwassergleichenplan**

Für die Konstruktion des Grundwassergleichenplans wurden neben den Ergebnissen der o.g. Stichtagsmessung die Grundwasserkarten 1 : 25 000 der Kantone Aargau und Zürich, vorhandene Grundwassermodelle im Bereich des inneren Perimeters sowie Informationen aus Berichten von Grundwasseruntersuchungen (Kap. 3.3.1) verwendet. Bei der Auswertung wurden die Messdaten einer Plausibilitätsanalyse unterzogen. Ein Teil der auffälligen Werte konnte durch Nacherhebungen korrigiert werden. Falls dies nicht möglich war, wurden die Werte nicht verwendet. Daten über Grundwasserentnahmen und Grundwasseranreicherungen sind ebenfalls in die Konstruktion mit eingeflossen.

Die Isohypsen sind in Meter-Abständen konstruiert. In einzelnen Bereichen mit großen hydraulischen Gradienten wurde zur besseren Visualisierung eine Äquidistanz von fünf Metern gewählt. Die dargestellten Belegpunkte ermöglichen die Beurteilung der Aussagekraft der Grundwassergleichen in den verschiedenen Regionen.

In Randbereichen mit nur sehr wenigen Grundwasserspiegelmessungen war es nicht möglich, zwischen einzelnen Belegpunkten zu interpolieren. Für diese Bereiche wurden die Grundwassergleichen unter der Annahme konstruiert, dass der Grundwasserspiegel näherungsweise der Topographie folgt. Voraussetzung für die Darstellung war jedoch, dass ein Grundwasservorkommen mit Messungen nachgewiesen ist.

Die Konstruktion des Grundwassergleichenplans erfolgte unter Einsatz eines GIS. Damit ließen sich Punktdaten (Belegpunkte), Vektordaten (Isohypsen aus Grundwassermodellen) und Grid-Daten (gescannte Grundwasserkarten, Topographie) georeferenziert übereinander projizieren. Die Interpolation der Isohypsen erfolgte

z. T. mit geostatistischen Verfahren (Kriging), z. T. manuell.

Um die Konsistenz zwischen der Grundwasserleiterbasiskarte und dem Grundwassergleichenplan zu prüfen, wurde die Grundwassermächtigkeit berechnet. Bereiche mit negativer Mächtigkeit wurden als "trocken" ausgewiesen. Die Grundwassergleichen wurden in den trockenen Bereichen gelöscht. Bei der Umsetzung war zu berücksichtigen, dass es durch die verwendeten Interpolationsverfahren vor allem in den Randbereichen zu Fehlern kommen kann, die nur durch eine aufwendige manuelle Nachbearbeitung korrigiert werden konnten.

Der Grundwassergleichenplan beschränkt sich auf die Darstellung des Grundwasserspiegels im Talgrundwasserleiter und, soweit damit direkt hydraulisch verbunden, in den Deckenschottern. Nicht dargestellt sind die Grundwassergleichen im Festgestein (z.B. im Muschelkalk). Karstgrundwasservorkommen werden als Flächen (mittels Schraffuren) ausgewiesen, um deren Verbreitung und Ausdehnung zu vermitteln.

Die Grundwassergleichen liefern Informationen über das hydraulische Gefälle und über die Fließrichtung des Grundwassers. Weiterhin dient der Grundwassergleichenplan als Grundlage zur Darstellung weiterer Themen, wie z.B. des Flurabstands (Kap. 4.3.3 und Karte 1.3).

### **Grundwassermächtigkeit**

Zweites Thema in der Grundwasserkarte ist die Grundwassermächtigkeit. Dieses Thema wurde mittels GIS durch Differenzenbildung zwischen dem Grundwassergleichenplan und der Quartärbasiskarte erzeugt und ist in Form von Klassen dargestellt. Für die Differenzenbildung wurden die unter hydrogeologischen resp. geomorphologischen Aspekten generierten Vektordaten mittels mathematischer Interpolation in Grid-Daten transformiert.

Die Grundwassermächtigkeit zeigt den Verlauf der großen Grundwasserströme im Hochrheintal. In einigen Randgebieten (z.B. Rafzerfeld, Möhliner-Feld) lassen sich jedoch allein aufgrund der Grundwassermächtigkeit noch keine Rückschlüsse auf die Ergiebigkeit des Grundwasserleiters ziehen. Das Thema Grundwasser liefert

---

wichtige Erkenntnisse für eine zukünftige Wassererschließung sowie für Strategien des Grundwasserschutzes.

### **Grundwasser in den Niederterrassenschottern**

Der Hauptgrundwasserstrom in den quartären Schottern im Hochrheintal folgt über weite Abschnitte der epigenetischen Rheinrinne, die anhand der besonderen Tieflage der Quartärbasis zu verfolgen ist (Karte 1.2). Dadurch ergeben sich in diesen Bereichen die höchsten Grundwassermächtigkeiten. Der Verlauf dieser Rinne bestimmt maßgeblich den grenzüberschreitenden Grundwasserfluss.

Zwischen dem Grundwasser und dem Rhein bestehen enge hydraulische Beziehungen. Das natürliche Muster von Infiltration und Exfiltration wird dabei durch die Lage der Felsoberfläche geprägt. Abschnitte mit überwiegend Infiltration korrespondieren mit einer Verengung, Bereiche mit überwiegend Exfiltration mit einer Aufweitung des Fließquerschnitts. Charakteristisch für das Hochrheintal ist eine Sequenz von Felschwellen, die einzelne Schottergrundwasserkörper weitgehend voneinander trennen (z.B. Felschwellen zwischen Rüedlingen und Egli-sau, Kaiserstuhl, Laufenburg etc.).

Überlagert wird das natürliche Strömungsbild des Grundwassers durch Infiltrations- und Exfiltrationsvorgänge, hervorgerufen durch insgesamt 12 Stauwehre. Von der Staustufe Birsfelden ganz im Westen bis zum Rheinfluss von Schaffhausen, der östlichen Projektgrenze, sind von rund 117 Kilometern bei Niedrigwasser ca. 94 Kilometer angestaut. In vielen Fällen reicht die Stauwurzel eines Wehrs bis zur nächsten oberstromigen Staustufe (Staustufen Birsfelden, Ryburg-Schwörstadt, Säckingen, Laufenburg, Reckingen und Rheinau).

Besteht eine hydraulische Verbindung zwischen oberirdischem Gewässer und Grundwasser, so sind die Auswirkungen einer Staustufe stets ähnlich. Aus dem Staubecken infiltriert Wasser in den Grundwasserleiter, umströmt das Wehr und exfiltriert wieder im Unterwasser. Für die Konstruktion der Grundwassergleichen im Umfeld der Wehre wurde von der realistischen An-

nahme ausgegangen, dass durch die Kolmatierung des Flussbetts mit Feinsedimenten der Austausch von Wasser zwischen dem Rhein und dem Grundwasserleiter gehemmt aber gleichwohl gewährleistet ist (Leakage Anschluss). Dies gilt allerdings nicht für Staulagen mit Dichtungswänden, wo die Anbindung nahezu vollständig unterbunden ist (beim Stauwerk Bad Säckingen, schweizerisches Rheinufer).

Grundwasserentnahmen und Anreicherungen bewirken eine Absenkung bzw. Anhebung des Grundwasserspiegels und können das Fließregime lokal beeinflussen. Die Ausdehnung der Auswirkung solcher Maßnahmen hängt einerseits von den entnommenen oder angereicherten Raten, andererseits von der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters ab.

Die mächtigen Hauptgrundwasserströme bilden die bevorzugten Grundwasservorkommen für die Trink- und Brauchwasserentnahme. Geringmächtige Grundwasservorkommen am Rande sind in ihrer Ergiebigkeit stark von der Durchlässigkeit der quartären Kiesablagerungen, von Grundwasserspiegelschwankungen und lokalen Variationen der Höhenlage der Kiesbasis abhängig. Sie eignen sich daher wenig für die Trink- und Brauchwasserentnahme.

### **Grundwasser in den Deckenschottern**

Die Basis der Deckenschotter liegt meist über der Talsohle, sodass zwischen den darin enthaltenen Grundwasservorkommen und dem Talgrundwasser keine direkte Verbindung besteht. In diesem Fall entwässert das Grundwasser der Deckenschotter über Hangquellen, wobei das abfließende Wasser z. T. wieder versickert, sobald es in das Hochrheintal übertritt. Eine Ausnahme bilden die Deckenschotter im Kanton Aargau im Gebiet von Koblenz, für die eine Anbindung an den Talgrundwasserleiter vermutet wird. Diese Zusammenhänge sind in der Grundwasserkarte dargestellt.

### **Karstgrundwasser**

Karstgrundwasser tritt in tieferen Stockwerken in den verkarstungsfähigen Gesteinen des Oberen Muschelkalks und des Oberjuras auf. Direkte hydraulische Verbindungen zwischen dem

Karstgrundwasser und dem Porengrundwasser in den quartären Kiesen bestehen dort, wo an der Basis der Kiese der Obere Muschelkalk bzw. der Oberjura ansteht (Karte 1.1). In den übrigen Bereichen bewirken geringdurchlässige Gesteine eine weitgehende hydraulische Trennung der beiden Stockwerke. Da der Rhein auch für die tieferen Stockwerke den Vorfluter bildet, ist im Hochrheintal generell ein Aufstieg von Karstgrundwasser in den überlagernden Porengrundwasserleiter anzunehmen.

### 4.3.3 Flurabstandskarte (Karte 1.3)

#### Grundlage

Als Flurabstand wird der lotrechte Höhenunterschied zwischen einem Punkt der Geländeoberkante und der Grundwasseroberfläche bezeichnet. Eine Flurabstandskarte kann als synthetische Karte aus dem Grundwassergleichenplan (Kap. 4.3.2) und einem digitalen Geländemodell direkt im GIS erzeugt werden.

#### Methode

Für die vorliegende Karte im Maßstab 1 : 25 000 wurde das Digitale Höhenmodell 25 (DHM25) der Schweizerischen Landestopographie verwendet. Das DHM25 ist aus der Landeskarte 1 : 25 000 abgeleitet und als Matrixmodell mit einer Maschenweite von 25 m aus den topographischen Vektordaten (Höhenkurven, Einzelkoten) interpoliert. Für die Differenzbildung wurden auch die Grundwassergleichen im GIS über die Umwandlung zu Punkten in ein Raster mit 25 m-Zellen interpoliert. Bei diesem Arbeitsschritt konnten auch die grundwasserfreien Bereiche (Felsinseln, trockene Schotter), für welche keine Grundwassergleichen vorliegen, ausgespart werden.

Eine erste Berechnung zeigte negative Flurabstände im Bereich des Rheinlaufes, im Bereich von Stauwehren und in einzelnen ufernahen Abschnitten mit hohem Grundwasserstand. Für den Rhein liegt dies daran, dass hier keine Grundwassergleichen vorliegen und daher Interpolationsfehler auftreten. Dieser Fehler kann im GIS durch das „Ausschneiden“ des Gewässerbereiches direkt eliminiert werden. Im Bereich der Stauwehre treten Sprünge im Grundwasserstand

auf, die bei der computergestützten Interpolation verloren gehen. Für flache, ufernahe Bereiche können sich dagegen lokale Unzulänglichkeiten des Höhenmodells auswirken, da für das DHM25 von einer mittleren Abweichung von 1,5 m auszugehen ist. Im vorliegenden Fall wurden Flächen negativer Flurabstände aus Plausibilitätsgründen direkt der Klasse der geringsten Flurabstände zugewiesen. Die erwähnten Bereiche bei Stauwehren und ufernahen Gebieten sind daher auf der Karte mit Vorsicht zu interpretieren. Die Auflösung des verwendeten Verfahrens erlaubt hier keine kleinräumige Betrachtung.

#### Resultate und deren Anwendung

Die Flurabstände sind auf der Karte zu Klassen zusammengefasst. Die Klasseneinteilung ist dabei nicht linear, sondern betont die besondere Bedeutung von Flächen mit geringem Flurabstand bis 5 m. In Abhängigkeit von den Eigenschaften der Grundwasserüberdeckung (Boden, ggf. übrige ungesättigte Zone) können bei geringem Flurabstand Verunreinigungen von der Oberfläche her besonders schnell zu Beeinträchtigungen des Grundwassers führen. Wie aus der Flurabstandskarte lassen sich auch aus den thematischen Bodenkarten (Kap. 4.4) Gebiete unterschiedlicher Empfindlichkeit erkennen.

Bei der Interpretation der Flurabstandskarte ist zu beachten, dass nur ein Momentausschnitt eines dynamischen Systems betrachtet wird (vgl. Kap. 2.4). Der Grundwasserstand entsprach bei der Stichtagsmessung am 6.–8.11.2000 in etwa dem langjährigen Novembermittel und im Jahresverlauf einem Grundwasserniedrigstand.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts unterlag der Grundwasserstand weitgehend nur den durch Niederschlag und Verdunstung geregelten natürlichen jahreszeitlichen Schwankungen. Steigende Entnahmen infolge des wachsenden Verbrauchs, aber auch Grundwasserhaltungen bei großen Bauvorhaben führten mit zunehmender Besiedlung und Industrialisierung zu großflächigen Absenkungen des Grundwassers, die an einzelnen Stellen mit Grundwasseranreicherung kompensiert werden (Kap. 4.3.7 und 4.3.8).

Gegenteilige Effekte wurden lokal durch Senkung der Geländeoberfläche infolge Rohstoffab-

---

bau oder durch den Bau der Stauwehre im Rhein verursacht. Dauernde Vernässungen des Geländes oder tiefergelegener Gebäudeteile (Keller, Fundamente) lassen sich stellenweise nur durch dauerndes Abpumpen des Grundwassers regulieren (z.B. Full oder Rietheimer Feld)

Daneben beeinflusst der Flurabstand maßgeblich den Wasserhaushalt der Vegetation. Einflussfaktoren sind die Durchwurzelungstiefe der Pflanzen und das kapillare Aufstiegsvermögen des Grundwassers, welches wiederum durch die Bodenart bestimmt wird. Waldbäume sind auf normal drainierte, unvernässte Böden angewiesen und können das Grundwasser bis zu einem Grenzflurabstand von ca. 3 m noch erreichen. Pflanzengesellschaften der Feuchtgebiete benötigen dagegen für ihren Wasserbedarf Flurabstände von weniger als 50 cm. Die Flurabstandskarte dient daher der für Forst- und Landwirtschaft als Orientierungshilfe. Das gleiche gilt für Programme des Naturschutzes, mit welchen im Projektgebiet noch vorhandene Auenreste (z.B. Koblenzer Rhein und Laufen, Rossgarten bei Schwaderloch) erhalten und aufgewertet werden sollen.

Eine weitere Anwendung der Flurabstandskarte betrifft die Beurteilung von Baugesuchen. Nach den rechtlichen Regelungen in der Schweiz dürfen im allgemeinen keine Anlagen erstellt werden, die unter den mittleren Grundwasserspiegel reichen. In Baden-Württemberg sollen die Gründungssohlen von Bauwerken grundsätzlich über dem höchsten Grundwasserstand liegen. Damit soll eine Verringerung der Durchflusskapazität im gesättigten Untergrund verhindert werden. Tangiert wird auch die gesetzliche Pflicht zur möglichst weitgehenden Versickerung von Regenwasser. Für Versickerungsanlagen ist in der Schweiz ein Flurabstand von 2-3 m einzuhalten. Bei geringeren Abständen besteht die Gefahr unerwünschter Nachbarschaftswirkungen wie nasse Kellergeschosse, Staunässe des Bodens oder Einstau von Sickerleitungen. An Hanglagen besteht die Gefahr von Versumpfungen durch Wasseraustritte oder sogar des Auftretens von Instabilitäten. Einen Sonderfall bilden bestehende Siedlungsgebiete mit hochstehendem Grundwasserspiegel, im Projektgebiet beispielsweise in Rheinfeldern (CH) oder

Teilen der Stadt Basel. Hier sind gesetzliche Sonderregelungen und besondere technische Maßnahmen nötig.

Die Alluvialkiese im Hochrheintal sind hochwertige Rohstoffe für die Bauindustrie. Kiesvorkommen werden an verschiedenen Stellen im Projektgebiet abgebaut. Im Interesse des Grundwasserschutzes ist bei diesen Abbauvorhaben eine schützende Deckschicht über dem höchsten Grundwasserstand zu belassen. Auch für Fragen der Kiesgewinnung vermag die Flurabstandskarte somit erste Orientierungswerte über die abbaubare Kiesmächtigkeit zu vermitteln.

#### **4.3.4 Karte zum vorsorgenden flächenbezogenen Grundwasserschutz (Karte 1.4)**

##### **Vorrang des Ressourcenschutzes**

Grundwasser wird durch die Aktivitäten des Menschen über punktuelle und diffuse stoffliche Einträge sowie strukturelle Eingriffe gefährdet. Daraus resultierende Schäden treten erst mit Verzögerung auf. Sanierungen sind, wenn überhaupt möglich, schwierig, langwierig und kostenintensiv. Im Rahmen der nachhaltigen Daseinsvorsorge kommt es daher beim Grundwasser auf eine flächendeckende Vorsorge zur Vermeidung von Schäden an.

Vorsorgender Grundwasserschutz durch Festsetzung von Flächen, an die bestimmte Restriktionen geknüpft sind, hat in beiden Ländern eine hohe Priorität.

Für Deutschland hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SUR) im Februar 1998 mit seinem Sondergutachten „Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz – ein Schritt zur dauerhaft umweltgerechten Entwicklung“ die Gefährdungen des Grundwassers umfassend dargelegt. Für erforderlich wird ein flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz gehalten, der in Abhängigkeit von der Empfindlichkeit des jeweiligen Grundwasserleiters durch räumlich differenzierte und an die vorhandenen Schutz- und Risikopotentiale angepasste Schutzmaßnahmen erreicht werden soll. Diesen Ansatz, einen flächendeckend wirksamen Grundwasserschutz

durch standortangepasste Maßnahmen anzustreben, haben die Arbeitsgremien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) besonders hervorgehoben.

In der Schweiz sind analoge Bestrebungen mit dem planerischen Schutz der Gewässer im Gange: Mit präventiven Maßnahmen will man möglichst vermeiden, dass Sanierungen notwendig werden. Die Kantone sind deshalb vom Bund beauftragt, ihre Kantonsgebiete je nach Gefährdung der ober- und der unterirdischen Gewässer in Gewässerschutzbereiche einzuteilen und dabei besonders gefährdete Gebiete auszuweisen.

Für räumlich differenzierte Maßnahmen des Grundwasserschutzes muss jedoch die Empfindlichkeit des Grundwasserleiters möglichst genau bekannt sein. Wichtig ist, dass dabei nicht nur der Aquifer betrachtet wird, sondern auch die Grundwasserüberdeckung, d.h. die wasserungesättigte Zone einschließlich des Bodens, sowie die Ex- und Infiltrationsverhältnisse.

Mit den in diesem Projekt erarbeiteten thematischen Bodenkarten (Karte 2.2, 2.3 und 2.5) und der Flurabstandskarte (Karte 1.3) sind hervorragende Grundlagen geschaffen worden, um Maßnahmen für den Grundwasserschutz differenziert und standortangepasst in den Wasserschutzgebieten (Baden-Württemberg) und Grundwasserschutzzonen (Schweiz) festlegen zu können.

### **Rechtliche Grundlagen zum Grundwasserschutz auf der deutschen Seite**

Gesetzliche Grundlage ist das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) und das Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG).

### **Wasserschutzgebiete**

Nach § 19 WHG können für Grundwasservorkommen, die derzeit und künftig für die öffentliche Wasserversorgung genutzt werden, Wasserschutzgebiete (WSG) ausgewiesen werden. In ihnen können Handlungen verboten oder beschränkt werden. Grundlage für die Ausweisung eines WSG ist ein hydrogeologisches Gutachten, das die Wasserschutzgebiete und die Zoneneinteilung festlegt. Die fachlichen Kriterien für die Abgrenzung sind in BOLSENKÖTTER et al.

(1984), Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1991) und DVGW-Regelwerk (1995) festgelegt. Generell werden die Gebiete in einen Fassungsbereich (Zone I), in eine engere Schutzzone (Zone II) und in eine weitere Schutzzone (Zone III) untergliedert.

### **Zone I Fassungsbereich**

Diese Zone umfasst die unmittelbare Umgebung des Brunnens. Sie soll vom Betreiber erworben und eingezäunt werden.

### **Zone II Engere Schutzzone**

Diese Zone schließt an den Fassungsbereich an und soll den Schutz vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen sowie durch andere schädliche Stoffe gewährleisten. Die Zone II soll bis zu einer Linie reichen, von der das genutzte Grundwasser eine Verweildauer von mindestens 50 Tagen bis zum Eintreffen in der Trinkwassergewinnungsanlage hat.

### **Zone III Weitere Schutzzone**

Die Zone III soll das gesamte Einzugsgebiet der Fassung beinhalten. Sie soll die Trinkwassergewinnungsanlage vor schwer abbaubaren chemischen oder radioaktiven Verunreinigungen schützen.

Ein Wasserschutzgebiet wird durch Rechtsverordnung der unteren Wasserbehörde ausgewiesen. In dieser Rechtsverordnung sind Verbote und Handlungsbeschränkungen festgehalten, die in den einzelnen Schutzzonen gelten. §24 WG bildet die gesetzliche Grundlage für die Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO), die die Einschränkungen der Handlungen im landwirtschaftlichen Bereich und Ausgleichsleistungen für die betroffenen Landwirte regelt.

### **Grundwasserschonbereiche der Regionalplanung**

Im Regionalplan 2000 des Regionalverbandes Hoahrhein-Bodensee (1998) sind Grundwasserschonbereiche zur Sicherung von Wasservorkommen ausgewiesen und in der Raumnutzungskarte dargestellt. Sie schützen nutzungswürdige Grundwasservorkommen für die Zukunft. Maßnahmen und Vorhaben, die das

---

Grundwasser qualitativ oder quantitativ nachhaltig beeinträchtigen, sind nicht zulässig.

Die Grundwasserleiter sind in der Regel auch die bedeutendsten Kieslagerstätten. Daher steht der Abbau von Kies und Sand in einem besonderen Konkurrenzverhältnis zum Schutz des Grundwassers. Im Regionalplan 2000 des Regionalverbandes Hochrhein-Bodensee ist dieser Konflikt aufgezeigt und es ist festgehalten: „Wenn auch der Schutz des Grundwassers grundsätzlich vorrangig sein soll, kann dennoch nicht in jedem Fall die Abwägungsentscheidung zwischen Rohstoffabbau und Grundwasserschutz zugunsten des Grundwassers ausfallen.“ In Wasserschongebieten können neue Abbaustätten nur nach eingehender Untersuchung und nur bei geeigneten Schutzmaßnahmen und Vorkehrungen während des Abbaus, bei der Rekultivierung und bei der späteren Nutzung zugelassen werden. Die Erweiterung bestehender Abbaustätten außerhalb von Wasserschutzgebieten und Grundwasserschonbereichen ist einer Neuanlage innerhalb dieser Gebiete unbedingt vorzuziehen.

### **Rechtliche Grundlagen zum Grundwasserschutz in der Schweiz**

Die bundesgesetzlichen Grundlagen für den planerischen Grundwasser- und Gewässerschutz bilden in erster Linie das Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom 24. Januar 1991 und die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998. Im Gewässerschutzgesetz wird im 4. Abschnitt unterschieden in Gewässerschutzbereiche (Art. 19.), Grundwasserschutzzonen (Art. 20) und Grundwasserschutzareale (Art. 21). In Vorbereitung ist eine umfassende Wegleitung zum Grundwasserschutz.

### **Gewässerschutzbereiche**

Gemäss der Gewässerschutzverordnung müssen die Kantone ihr Gebiet in Gewässerschutzbereiche einteilen und dabei die besonders gefährdeten Bereiche bezeichnen. Letztere umfassen:

- den Gewässerschutzbereich  $A_u$  zum Schutz nutzbarer unterirdischer Gewässer;
- den Gewässerschutzbereich  $A_o$  zum Schutz der Wasserqualität oberirdischer

Gewässer, wenn dies zur Gewährleistung einer besonderen Nutzung eines Gewässers erforderlich ist;

- den Zuströmbereich  $Z_u$  zum Schutz der Wasserqualität bei bestehenden und geplanten, im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen, wenn das Wasser durch Stoffe verunreinigt ist, die nicht genügend abgebaut oder zurückgehalten werden, oder wenn die konkrete Gefahr einer Verunreinigung durch solche Stoffe besteht;
- den Zuströmbereich  $Z_o$  zum Schutz der Wasserqualität oberirdischer Gewässer, wenn das Wasser durch abgeschwemmte Pflanzenbehandlungsmittel oder Nährstoffe verunreinigt ist.

Die Zuströmbereiche  $Z_u$ , die in etwa den deutschen Schutzzonen III entsprechen, sind anders als die Schutzzonen auf die Abwehr von persistenten, nicht abbaubaren Stoffen im Wasser ausgerichtet (z.B. Nitrat) und besitzen in der Regel eine um ein Mehrfaches größere Ausdehnung als die Schutzzonen. Ihre Dimensionierung erfolgt definitionsgemäss so, dass der Zuströmbereich das Einzugsgebiet der jeweiligen Fassung umfasst, aus dem rund 90% des Wassers stammt, das in der Fassung gefördert werden darf. Die Gewässerschutzbereiche sind in der Karte nicht dargestellt, da sie sich noch in der Ausweisung befinden.

### **Grundwasserschutzzonen**

Die Grundwasserschutzzonen dienen dem unmittelbaren Schutz der im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen und Grundwasseranreicherungsanlagen. Sie setzen sich wie in Deutschland in der Regel aus den drei Teilzonen Fassungsbereich (Zone S1), Engere Schutzzone (Zone S2) und Weitere Schutzzone (Zone S3) zusammen. Das Grundwasser soll von der äußeren Begrenzung der Zone S2 bis zur Fassung eine Mindestaufenthaltsdauer von 10 Tagen besitzen. Außerdem soll die Mindestausdehnung der Zone S2 in Anströmrichtung 100 m betragen. Die Zone S3 ist in der Regel etwa doppelt so groß wie die Zone S2.

Zu jeder Schutzzone gehört ein Schutzzonenreglement. Darin werden die zum Schutz des Grundwassers notwendigen Beschränkungen hinsichtlich Nutzung und Bewirtschaftung für jeden Grundwasserschutzzonenbereich verbindlich festgelegt.

Die Teilzonen erfüllen folgende Hauptzwecke:

### **Zone S1**

Die Zone S1 soll verhindern, dass Grundwasserfassungen und –anreicherungsanlagen sowie deren unmittelbare Umgebung beschädigt oder verschmutzt werden. Sie umfasst die Grundwasserfassung oder –anreicherungsanlage, den durch den Bohr- oder Bauvorgang aufgelockerten Bereich sowie, soweit zweckmäßig, die unmittelbare Umgebung der Anlage.

### **Zone S2**

Die Zone S2 soll verhindern, dass Keime und Viren in die Grundwasserfassung oder –anreicherungsanlage gelangen, das Grundwasser durch Grabungen und unterirdische Arbeiten verunreinigt wird und der Grundwasserzufluss durch Maßnahmen, die in das Grundwasser eingreifen, behindert wird.

### **Zone S3**

Die Zone S3 soll gewährleisten, dass bei unmittelbar drohenden Gefahren (z.B. bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen) ausreichend Zeit und Raum für die erforderlichen Abwehrmaßnahmen zur Verfügung stehen.

### **Grundwasserschutzareale**

Mit der Ausscheidung von Grundwasserschutzarealen sollen für eine künftige Nutzung vorgesehene Grundwasservorkommen so geschützt und gesichert werden, dass später Standorte für Grundwasserfassungen und –anreicherungen zweckmäßig festgelegt und entsprechende Grundwasserschutzzonen ausgeschieden werden können.

### **Flächenausweisung zum Grundwasserschutz in beiden Ländern**

Die Strategie, vorsorgenden Grundwasserschutz vorrangig über Schutzflächenausweisungen und

Flächenrestriktionen zu betreiben, ist in beiden Ländern gleich.

In der Karte 1.4 „Vorsorgender flächendeckender Grundwasserschutz“ im Maßstab 1 : 50 000 sind zum ersten Mal Wasserschutzgebiete bzw. Grundwasserschutzzonen grenzüberschreitend dargestellt. Die Karte zeigt im Überblick die Gebiete, die eine hohe Sensibilität in Bezug auf das Grund- und Quellwasser haben, welches für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzt wird. Ebenfalls dargestellt sind die Gebiete für eine künftige Grundwassernutzung, auf deutscher Seite die Grundwasserschonbereiche und auf Schweizer Seite die Grundwasserschutzareale. Heilquellenschutzgebiete, die sich auf tiefere Grundwasserstockwerke beziehen, sind nicht dargestellt.

Auf Schweizer Gebiet befinden sich zahlreiche Grundwasserschutzzonen. Es ist zu beachten, dass deren Rechtsstatus unterschiedlich ist: Neben den rechtlich festgesetzten Schutzzonen gibt es auch solche, die erst vorläufig abgegrenzt sind. Auffallend ist, dass sie im Vergleich den großflächigen Schutzgebieten, z.B. am Südhang des Dinkelberges, relativ klein erscheinen. Allerdings werden dann die in der Schweiz erst in Ausweisung begriffenen Zuströmbereiche  $Z_u$  den Zonen III in Deutschland entsprechen.

Die Größe der Schutzgebiete ist neben den jeweiligen hydrogeologischen Verhältnissen und den Entnahmeraten auch abhängig von den hydrogeologischen Kriterien, die der jeweiligen Abgrenzung zugrunde liegen. Die Kriterien sind in beiden Ländern unterschiedlich. Während man in Baden-Württemberg von einer Fließzeit des Grundwassers von 50 Tagen von der äußeren Grenze der Zone II bis zur Fassung ausgeht, beträgt die entsprechende Mindestaufenthaltsdauer nach Schweizer Vorgaben nur 10 Tage. Unterschiedlich sind auch die Restriktionen, die an die Schutzgebietsflächen in beiden Ländern geknüpft sind. Eine Angleichung dieser unterschiedlichen Festlegungen wäre aus fachlicher Sicht wünschenswert.

Grundwasserschonbereiche, die zur Sicherung von nutzungswürdigen Wasservorkommen für die Zukunft auf deutscher Seite ausgewiesen sind, entsprechen den Intentionen, die in der

---

Schweiz mit der Ausscheidung von Grundwasserschutzarealen verfolgt werden.

### **4.3.5 Geologische Schnitte (Darstellung 1.5)**

Die Lage der Profillinien wurde anhand der Bohrdaten der INTERREG-Datenbank und im Bereich bereits vorhandener geologischer Schnitte festgelegt. Dabei wurden die Profilspurten durch die einzelnen Bohrpunkte gelegt.

Die Aquiferbasis und die Lage des Grundwasserspiegels stammen aus der interpolierten und digital gerasterten Grundwassergleichenkarte und der abgedeckten geologischen Karte (Karte 1.1). Die Selektion der Bohrungen und die Darstellung der Schichtlagerungsverhältnisse wurde mit einer für das INTERREG-Projekt entwickelten ArcView™ Erweiterung durchgeführt. Diese Daten werden in einer vorgegebenen Profillinie als Vertikalschnitt dargestellt. Das Programm übersetzt dazu den Eintrag der Schotterklassen jeder Schicht in ein entsprechendes graphisches Legendensymbol.

Die durch den Rasterungsprozess bedingten Abweichungen der Höhendaten von der exakten Lage werden in einem Graphikprogramm angepasst. Die Geologie des tieferen Untergrundes wurde von Hand konstruiert. Störungssysteme, die erst durch die Konstruktion der geologischen Schnitte erkannt worden sind, werden in der abgedeckten geologischen Karte mitberücksichtigt. Die geologischen Profile sind 25-fach überhöht. Dadurch erscheinen selbst die z.B. im östlichen Projektgebiet nur mit einigen Graden gegen Süden einfallenden Einheiten als übersteil.

### **4.3.6 Grundwasserbeschaffenheit**

#### **Einflüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit**

Von der Grundwasserneubildung über die Untergrundbeschaffenheit bis zum Übertritt in einen Vorfluter wird die chemische Zusammensetzung des Grundwassers von einer Reihe von Prozessen beeinflusst, deren Effekte sich integ-

ral überlagern. Als wichtigste sind folgende zu nennen:

- hydrochemische Beschaffenheit des Niederschlags
- Reaktion mit Gasen im Boden und Untergrund, insbesondere CO<sub>2</sub>
- Reaktion mit dem Kontaktgestein
- Mischung mit Wässern anderer Beschaffenheit
- Anthropogene Einträge

#### **Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz auf der deutschen Seite**

In Baden-Württemberg betreibt die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) ein Messnetz zur Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit. Damit werden flächenhaft repräsentative Daten erhoben. Die Messwerte werden erfasst, aufbereitet, ausgewertet und regelmäßig in Berichten dargestellt. Das Grundwassermessnetz besteht aus mehreren Teilmessnetzen, gegliedert nach Beeinflussungen im Einzugsgebiet. Es wird ergänzt durch das Verdichtungsmessnetz Wasserversorgung, welches in Kooperation mit den Wasserversorgungsunternehmen betrieben wird. Auch außerhalb dieser Messnetze liegen bei den Betreibern der Wasserversorgung, den Landratsämtern und weiteren Stellen zahlreiche Daten zur Grundwasserbeschaffenheit vor.

#### **Grundwasserbeschaffenheitsmessnetze und Untersuchungsstellen auf Schweizer Seite**

In der Schweiz ist die systematische Beobachtung der Grundwasserqualität auf nationaler Ebene erst im Aufbau begriffen (Projekt NAQUA). Als langfristige Daten zur Grundwasserqualität stehen daher nur die auf der Lebensmittelgesetzgebung des Bundes basierenden Trinkwasseruntersuchungen zur Verfügung. In allen beteiligten Kantonen unterstehen die Wasserversorgungen der Inspektionspflicht der betreffenden Kantonalen Laboratorien. Dabei wird das Trinkwasser in mikrobiologischer wie auch in physikalisch-chemischer Hinsicht untersucht. Die Ergebnisse werden dann auch den Umweltschutz-Fachstellen zur Verfügung ge-

stellt. Von Kanton zu Kanton verschieden, führen diese Fachstellen ergänzende Grundwasseruntersuchungen durch. Alle beteiligten Kantone veröffentlichen Hydrologische Jahrbücher, in welchen zumindest eine Auswahl dieser Daten zu finden ist.

**Datengrundlagen und Auswertung**

Um einen ersten Überblick über die chemische Beschaffenheit des Grundwassers im Hochrheintal zu erhalten, wurden bei der Datenrecherche auch chemische Grundwasseranalysedaten erfasst. Vorwiegend wurden aktuelle Messwerte aus den Beschaffenheitsmessnetzen erhoben. Da die Analysedaten trotzdem aus verschiedenen Zeiträumen stammen, ist nur eine erste Übersichtsauswertung möglich.

Für eine umfassende Beurteilung der Grundwasserqualität sind Stichtagsmessungen sowie langfristige und regelmäßige Untersuchungen notwendig. Für eine Gesamtbeurteilung der Qualitätsverhältnisse des Grundwasser gilt es auch, die verschiedenen Grundwassertypen sowie die Bewirtschaftungs- und Überbauungsverhältnisse als potentielle Immissionsquellen zu berücksichtigen. Eine vertiefte Untersuchung der chemischen und bakteriologischen Zusammensetzung des Grundwassers mit Trenduntersuchungen war nicht Gegenstand des Projektes.

Neben der beschriebenen zeitlichen Komponente prägen auch örtliche Einflüsse den chemischen Zustand des Grundwassers. Da für Teil-

flächen im Projektgebiet nur eine geringe Anzahl von Analysen vorliegt, stößt ein flächiges Interpolationsverfahren an seine Grenzen. Lediglich die Darstellung des Chloridgehalts ist in den Bericht aufgenommen (Abb. 4.12).

**Grundwasserbeschaffenheit im Projektgebiet**

Aus den vorliegenden Daten lässt sich generell ableiten, dass Grundwasser, das überwiegend durch die direkte Versickerung gespeist wird, bei kalkreichen Böden einen hohen Mineralisierungsgrad aufweist. Im Gegensatz dazu ist das Grundwasser im Infiltrationsbereich größerer Flüsse wie dem Rhein oder der Thur weniger mineralisiert, also weicher. Hier können oftmals besonders deutliche und von der Wasserführung im Oberflächengewässer abhängige, z.T. jahreszeitliche Schwankungen im Grundwasserchemismus beobachtet werden.

Eine Beeinflussung des Talgrundwasserleiters durch Zuflüsse von Wässern mit anderer Beschaffenheit findet man zwischen Wallbach und Grenzach-Wyhlen. Infolge des Schichteinfallens des Dinkelbergplateaus entwässert der Karst weitgehend nach Süden in den Hochrhein. Der Zustrom von hartem Muschelkalkgrundwasser macht sich in der erhöhten Härte im Porengrundwasser in der Talfüllung bemerkbar.

Östlich von Säckingen (Tiefbrunnen Obersäckingen) erfolgt ein Kluftgrundwasserzustrom aus dem höher gelegenen Grundgebirge des Hotzenwaldes, hier von sehr weichem Wasser.

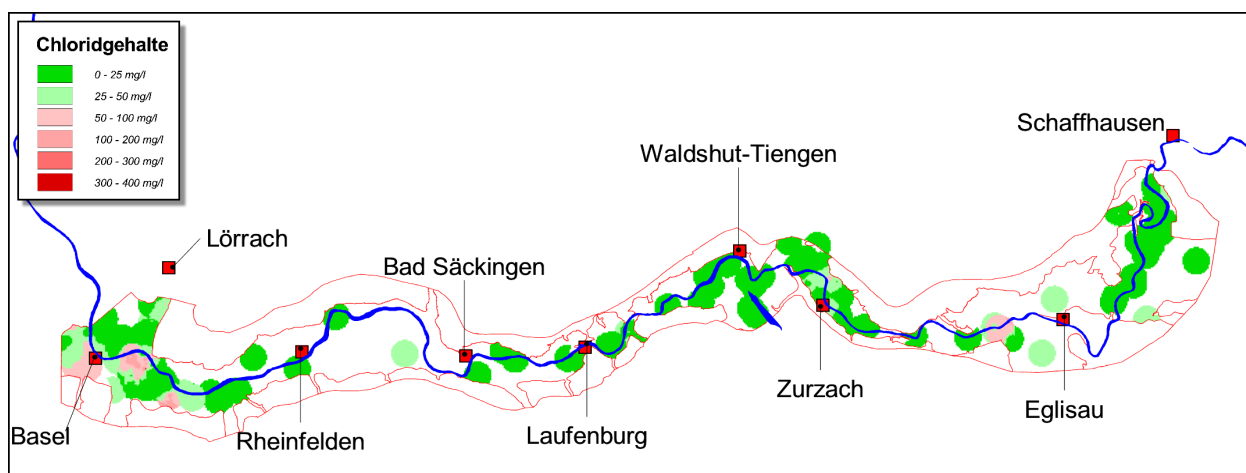


Abb. 4.12: Darstellung der Chloridgehalte im Grundwasser

---

Diese Komponente mischt sich mit dem Grundwasserstrom im Talgrundwasserleiter und führt dort zu einer Verringerung der Härte (GLA 1992).

Die erhöhten Chloridwerte im Raum Rheineim/Rietheim, die durch Undichtigkeiten bei der ehemaligen Sohlegewinnung bei Rheineim verursacht waren, konnten zwischenzeitlich durch Sanierungsmaßnahmen deutlich zurückgeführt werden. Die Chloridbelastung hatte zur Stilllegung eines nahe am Rhein gelegenen Trinkwasserbrunnens der Gemeinde Zurzach geführt. Vertiefte Erkundungen haben eine hydraulische Verbindung des Grundwassers unter dem Rhein nachgewiesen. Nachdem die Solegewinnung auf deutscher Seite 1993 eingestellt wurde und Abdichtungsmaßnahmen durchgeführt wurden, sind die höchsten Chloridwerte von über 1100 mg/l auf Schweizer Seite und 6400 mg/l auf deutscher Seite auf max. 65 mg/l zurückgegangen. Die Belastung liegt damit selbst im Schadensschwerpunkt nicht mehr erheblich über den natürlichen Chloridgehalten, die für dieses Gebiet bis 20 mg/l reichen. Die Belastungswerte sind bis in die Gegenwart rückläufig. Anhand dieses Schadenfalls erkennt man die grenzüberschreitenden Auswirkungen von Grundwasserbelastungen.

Aufgrund der hohen Datendichte im Raum Basel ist die Darstellung chemisch/physikalischer Werte besonders aussagekräftig (Abb. 4.12). Die Abbildung zeigt den Einfluss aufsteigender, erhöhter Chloridgehalte aus den unterirdischen Salzvorkommen und auch die generell erhöhte, flächige Grundbelastung durch anthropogene Einflüsse im dicht besiedelten Raum.

In landwirtschaftlich genutzten Gebieten ist im Grundwasser fast durchwegs ein Anstieg der Nitrat- und Chloridgehalte seit den sechziger Jahren festzustellen. In den letzten Jahren zeichnet sich aber eine Stabilisierung auf erhöhtem Niveau ab, teilweise ist sogar ein rückläufiger Trend festzustellen.

Parallel zum Anstieg des Chlorid- und Nitratgehaltes sind auch die Härten im Grundwasser leicht angestiegen. Verglichen mit der Nitratbelastung des Grundwassers im Oberrheingraben sind die Nitratwerte im Hochrheintal jedoch

insgesamt deutlich niedriger. Die Konzentrationen liegen mit einigen Ausnahmen zwischen 20 und 30 mg/l. Die niedrigeren Werte sind ganz überwiegend auf den Beizug von nitratarmem Uferfiltrat zurückzuführen. Erhöhte Werte findet man vor allem im Rafzerfeld. Hier wird mit der künstlichen Versickerung von nitratarmem Uferfiltrat das zu Trinkwasserzwecken geförderte Grundwasser verdünnt und dadurch der Nitratgehalt auf 25 mg/l gesenkt.

Lokal begrenzte Belastungen, die auf Altablagierungen und Industriestandorte zurückzuführen sind, sind im gesamten Projektgebiet vorhanden. Der Schwerpunkt liegt jedoch in den dicht besiedelten Gebieten.

Der durch die ehemalige Solung bei Rheineim/Rietheim ausgelöste Schadensfall zeigt deutlich die Notwendigkeit, den Grundwasserkörper im Hochrheintal grenzübergreifend als Einheit zu sehen.

Gesamthaft gesehen ist derzeit das zu Trinkzwecken geförderte Grundwasser im Hochrheintal von guter Qualität und erfüllt die gesetzlichen Vorgaben sowohl in bakteriologischer als auch in chemischer Hinsicht.

#### **4.3.7 Grundwasserentnahmen**

Die Grundwasservorkommen im Hochrheintal werden durch zahlreiche Grundwasserentnahmen als Trink- und Brauchwasser genutzt. Hinzu kommen Entnahmen bei Baumaßnahmen und bei Altlasten- und Schadensfallsanierungen. Maßgebliche Jahresentnahmemengen wurden im Zuge der hydrogeologischen Erhebung im Projekt erfasst. Ferner wurden bedeutende Entnahme- und Infiltrationsmengen auch für den Zeitraum der Stichtagsmessung festgehalten. Besonders detailliert sind die Entnahmen in den Kantonen Basel-Stadt und -Landschaft bekannt. Die genaue Dokumentation der Verhältnisse war hier notwendig, um die komplexen Auswirkungen der zahlreichen Grundwasserentnahmen und -anreicherungen im Grundwassergleichenplan nachbilden zu können. Sowohl von der Anzahl als auch von der Höhe der Entnahmen liegt der Schwerpunkt der Grundwassernutzung in diesem Teil des Projektgebiets. Die Intensität der Grundwassernutzung deckt sich mit der hohen

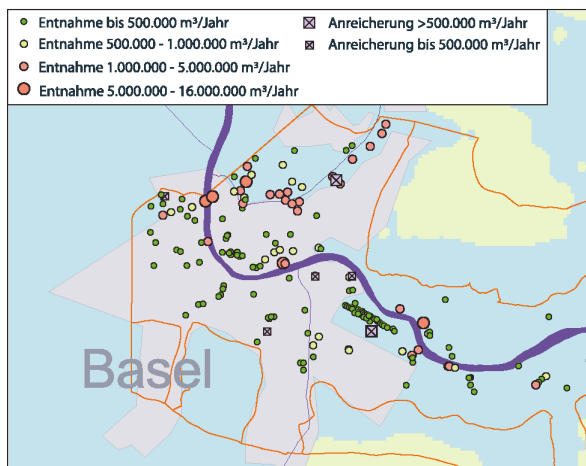


Abb. 4.13: Grundwasserentnahmen im Großraum Basel

Siedlungs- und Industriedichte im Großraum Basel/Rheinfelden. Für gewerbliche und industrielle Zwecke wird in diesem Raum mehr Grundwasser entnommen als für die öffentliche Trinkwasserversorgung.

Östlich von Rheinfelden überwiegen im Projektgebiet die Entnahmen für die öffentliche Trinkwasserversorgung. Es sind in diesem stärker ländlich geprägten Raum nur wenige größere Brauchwasserentnahmen vorhanden.

Die in den Abb. 4.13 und 4.14 dargestellten tatsächlichen Entnahmen basieren, je nach Erhebungsgebiet, vorwiegend auf Werten aus den Jahren 1997 bis 2000. Bei den meisten Fassungen sind die Unterschiede in den jährlichen Entnahmemengen in diesem Zeitraum nicht wesent-

lich. Es ist jedoch zu beachten, dass die genehmigten oder konzessionierten, d. h. die maximal zulässigen Entnahmemengen zum Teil erheblich über den tatsächlichen Entnahmemengen liegen. Die nicht ausgeschöpften Entnahmekapazitäten sind bei den industriellen Verbrauchern besonders hoch. Ferner gibt es Entnahmerechte, die nur für Notfälle in Anspruch genommen werden. Die genehmigten oder konzessionierten Entnahmemengen wurden im Projektgebiet nicht flächendeckend erhoben.

#### 4.3.8 Grundwasseranreicherungen

Neben den zahlreichen Grundwasserentnahmen gibt es im Projektgebiet einige gezielte Versickerungssysteme zur Grundwasseranreicherung, mit denen jeweils unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Im Projektgebiet sind folgende, bedeutende Grundwasseranreicherungen vorhanden:

- Im Rafzerfeld (Kanton Zürich) wurden im Jahr 2000 ca. 1,1 Mio m<sup>3</sup> Uferfiltrat versickert, um den hohen Nitratwert im Grundwasser auf 25 mg/l zu verringern. Das Rheinwasser bzw. das Uferfiltrat ist aufgrund der niedrigen Nitratgehalte geeignet, um bei der Versickerung Verdünnungseffekte zu erreichen. Nach der Untergrundpassage wird das Wasser entnommen und über die Wasserversorgung Egglisau genutzt.
- Im Trinkwassergewinnungsgebiet "Lange Erlen" der Stadt Basel wird vorfiltriertes Wasser aus dem Rhein gezielt zur

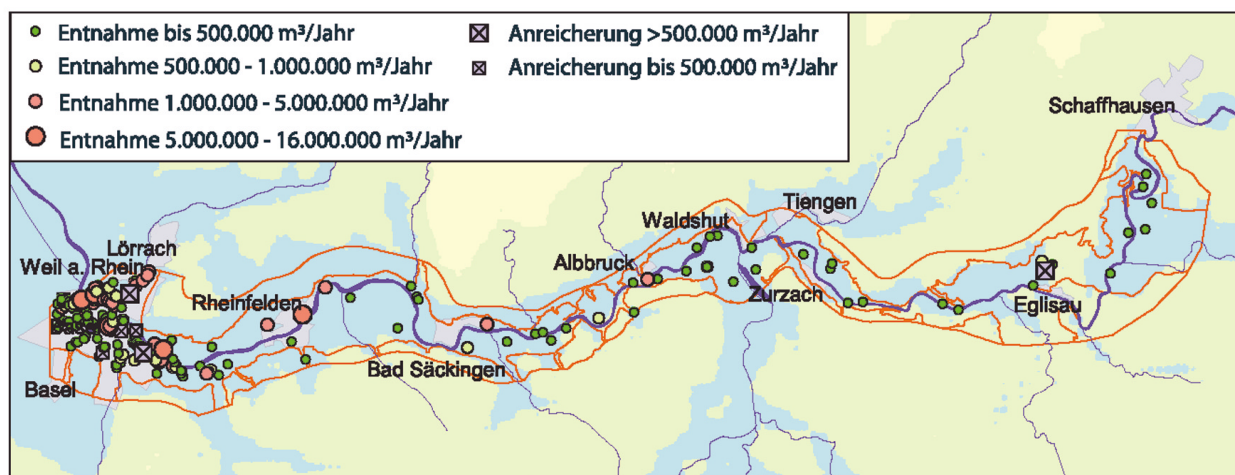


Abb. 4.14: Grundwasserentnahmen im Projektgebiet

---

Grundwasseranreicherung versickert. Die Ergiebigkeit des natürlichen Grundwasservorkommens reicht hier nicht aus, den Bedarf zu decken. Die Versickerungsmengen liegen im Mittel bei ca. 16 Mio m<sup>3</sup> im Jahr und entsprechen etwa den Entnahmemengen.

- Im Gewinnungsgebiet der Hardwasserversorgung (Kanton Basel-Landschaft) werden im Jahr durchschnittlich etwa 30 Mio

m<sup>3</sup> vorfiltriertes Rheinwasser versickert. Mit der Grundwasseranreicherung werden hier verschiedene Ziele verfolgt. Unter anderem soll durch Schaffung eines Grundwasserbergs der Beizug von belastetem oder belastungsgefährdetem Grundwasser unterbunden werden. Die Grundwasserentnahme in diesem Gewinnungsgebiet ist daher nur etwa halb so hoch wie die Versickerungsmenge.

## 4.4 Boden

### 4.4.1 Bodenkarte (Karte 2.1)

Die Gliederung und Gestaltung der Bodenkarte 1 : 25 000 orientiert sich weitgehend an Schweizer Vorgaben (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Zürich-Reckenholz 1997). Neben der Datenlage, die ein solches Vorgehen nahelegte, wurde diese Darstellungsform besonders deshalb gewählt, weil sie für Anwender im Bereich Bodenschutz einfacher und aussagekräftiger ist als eine rein an morphogenetischen Merkmalen orientierte Darstellung der Bodenverhältnisse. Dabei werden in der Kartenlegende und in der Farbgebung die anwendungsorientierten Bodenmerkmale "Wasserhaushalt" und "pflanzennutzbare Gründigkeit" hervorgehoben (Tab. 4.6). In Deutschland steht üblicherweise bei Bodenkarten unterschiedlicher Maßstäbe die Bodenform mit starker Betonung der Bodengenese im Vordergrund. In der Schweiz werden zur Unterscheidung der Wasserhaushaltsgruppen an bodengenetischen Merkmalen nur die Hydromorphie und die Entwicklungstiefe der Böden herangezogen. Die auf baden-württembergischer Seite vorliegenden Bodenkarten und die im Rahmen des Projekts durchgeführten Bodenkartierungen wurden mit Angaben zu Wasserhaushaltsgruppen und zur pflanzennutzbaren Gründigkeit entsprechend dem Schweizer System ergänzt. Da weiterführende Angaben zur Bodenkarte Hochrheintal 1 : 25 000 nur in der Datenbank dokumentiert und nicht in einem Beiheft verfügbar sind, werden in der Bodenkarte neben Wasserhaushalt und pflanzennutzbaren Gründigkeit auch Bodentyp, generalisierte Bodenart und Heterogenitätsklassen mittels Farbe, Schraffur sowie Groß- und Kleinbuchstaben dargestellt.

Auf baden-württembergischem Gebiet wird das Klassifikationssystem nach den Vorgaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994) verwendet. In der Karte werden die Böden auf Typ-, in der Datenbank auf Subtypniveau beschrieben.

Die Klassifikation auf Schweizer Seite beruht auf der Anleitung "Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden" der Eidgenössischen

Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (1997) unter Verwendung des Datenschlüssels Nr. 5. Dabei handelt es sich um eine anwendungsorientierte Kartiermethodik (land- und forstwirtschaftliche Nutzungseignung), die dem Bodenwasserhaushalt und der pflanzennutzbaren Gründigkeit eine entscheidende Bedeutung beimisst.

#### Wasserhaushalt

Zur Beschreibung des Bodenwasserhaushalts werden drei Klassen unterschieden (Tab. 4.6):

- Senkrecht durchwaschene Böden: überschüssiges Niederschlagswasser kann ungehindert versickern.
- Stauwassergeprägte Böden: die Durchlässigkeit ist relativ zu den Niederschlägen, zur Verdunstung und zum Oberflächenabfluss sowie zum Wasserentzug gering. Das Wasser staut sich über längere Perioden im Boden auf und beeinträchtigt massgeblich die Sauerstoffversorgung der Wurzeln. Die pflanzennutzbare Gründigkeit ist demzufolge stark eingeschränkt.
- Grund- oder hangwassergeprägte Böden: die Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum sind dieselben wie bei stauwassergeprägte Böden, allerdings handelt es sich hierbei nicht um Niederschlags- sondern um Fremdwasser.

Bei den hydromorphen Böden (2. und 3. Wasserhaushaltsklasse) wird weiter nach Vernäsungsgrad differenziert (z.B. „selten bis zur Oberfläche porengesättigt“).

Die Ansprache des Bodenwasserhaushalts stützt sich im Feld hauptsächlich auf die Reliefverhältnisse sowie das Vorhandensein bzw. die Tiefenlage und die Ausprägung von Vernäsungszeichen im Bodenprofil (Hydromorphie).

#### Pflanzennutzbare Gründigkeit

Unter pflanzennutzbaren (oder physiologischer) Gründigkeit versteht man die Mächtigkeit (in cm) der durchwurzelbaren Feinerde. Sie wird ermittelt, indem von der gesamten Aufschlusstiefe des Bodens alle nicht pflanzennutzbaren Partien (Skelett, ständig wassergesättigte Hori-

zonte usw.) abgezogen werden. Schwer durchwurzelbare Partien werden entsprechend ihren Einschränkungen in Abzug gebracht.

Die pflanzennutzbare Gründigkeit wird wie folgt unterteilt:

sehr flachgründig	< 10 cm
flachgründig	10 - 30 cm
ziemlich flachgründig	30 - 50 cm
mässig tiefgründig	50 - 70 cm
tiefgründig	70 - 100 cm
sehr tiefgründig	> 100 cm

## Bodenart






Mittels Kurzzeichen (Kleinbuchstaben) werden auf der Bodenkarte stark generalisierte Bodenarten als Kombination aus Feinboden und Bodenskelett angegeben (Tab. 4.7). Für die Wasserhaushaltsstufen "normal durchlässig", "stauwasserbeeinflusst" sowie "grund- und hangwasserbeeinflusst" in Verbindung mit den pflanzennutzbaren Gründigkeitsstufen "flachgründig" und "ziemlich flachgründig" sowie für die Schweizer Bodentypen "Regosol", "Rendzina", "Fluvisol" und "Auenboden" erfolgt die Beschreibung der Bodenarten für die Oberböden, bei allen anderen Bodenverhältnissen für die Unterböden.

Tab. 4.6: Ausschnitt aus der Legende der Bodenkarte (Karte 2.1)

## Wasserhaushalt, pflanzennutzbare Gründigkeit

### Senkrecht durchwaschene Böden

Normal durchlässige Böden

-  flachgründig
-  ziemlich flachgründig
-  mässig tiefgründig
-  tiefgründig
-  sehr tiefgründig

Stauwasserbeeinflusste Böden



-  flachgründig
-  ziemlich flachgründig
-  mässig tiefgründig
-  tiefgründig

Grund-/ hangwasserbeeinflusste Böden



-  flachgründig
-  ziemlich flachgründig
-  mässig tiefgründig
-  tiefgründig

### Stauwassergeprägte Böden

Selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden



-  ziemlich flachgründig
-  mässig tief- bis tiefgründig

Häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden



-  flachgründig
-  ziemlich flachgründig

### Grund-/ hangwassergeprägte Böden

Selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

-  ziemlich flachgründig
-  mässig tief- bis tiefgründig


Häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

-  ziemlich flach- bis flachgründig
-  mässig tiefgründig




Meist bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

-  sehr flach- bis ziemlich flachgründig

Dauernd bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

-  sehr flachgründig

Organische Böden

-  sehr flachgründig
-  flachgründig
-  ziemlich flachgründig

Tab. 4.7: Auf der Bodenkarte verwendete Kurzzeichen zur Beschreibung der Korngrößen

Skelett (Vol.-%)			Feinboden	Ton (Masse-%)	Schluff (Masse-%)
<10	10-30	>30			
a	b	c	Sand	<10	<50
d	e	f	Sandlehm	10-20	<50
g	h	i	Lehm	20-30	<50
j	k	l	Schluff	<10	>50
m	n	o	Lehmschluff	10-30	>50
p	q	r	Tonschluff	30-50	>50
s	t	u	Tonlehm	30-50	<50
v	w	x	Ton	>50	<50
y			Torf		

Bsp.: h = Lehm mit 10-30 Vol.-% Skelettanteil

### Heterogenität

Die in der Bodenkarte 1 : 25 000 abgegrenzten Flächen können maßstabsbedingt verschiedene Bodenformen enthalten. Die Flächen, welche aus deutlich unterschiedlichen Böden bestehen, sind mit einer Zusatzsignatur gekennzeichnet. Dabei wird zwischen dem Grad der Verschiedenheit und der Flächenrepräsentanz unterschieden. Nähere Angaben zu den verschiedenen Böden sind in der Datenbank dokumentiert.

Das Resultat einer Bodenkartierung ist eine flächenhafte Abgrenzung der erhobenen Bodeneigenschaften in Form von Kartiereinheiten. Diese sollen aus Gründen der Lesbarkeit die Dimension von 0,5 x 0,5 cm auf der Karte nur in begründeten Ausnahmefällen (z.B. kleinräumiges Auftreten von Niedermooren) unterschreiten. Über die natürliche Variabilität der Bodeneigenschaften innerhalb einer Kartiereinheit gibt die Heterogenitätsklasse Auskunft, die auch auf der INTERREG II-Bodenkarte dargestellt wird. Wenn der Fremdanteil in einer Kartiereinheit

25 % übersteigt, wird zu deren Beschreibung in der Bodenflächendatenbank eine zweite oder gar dritte Bodeneinheit (Pedon) unter Angabe des Flächenanteils abgelegt. Man spricht bei einer solchen Kartiereinheit dann von einem "Bodenkomplex".

### Bodenverbreitung

Auf den verschiedenen Schotterterrassen des Rheins sind meist Braunerden und Parabraunerden (Abb. 4.15, 4.16) entwickelt. Sie gehören zu der Wasserhaushaltsstufe "senkrecht durchwachsene, normal durchlässige Böden". Je nach Entwicklungstiefe und Skelettgehalt dominieren "ziemlich flache" bis "mäßig tiefe", im östlichen Hochrheintal überwiegen eher flachere Gründigkeitsstufen. In den den Festgesteinen und Moränen zugewandten Randbereichen der Terrassen und im westlichen Hochrheintal herrschen eher tiefere pflanzennutzbare Gründigkeitsstufen vor. Bei ausgeprägter Lössüberdeckung, wie z. B. auf dem "Möhlener Feld", dominieren großräumig Böden mit sehr tiefer

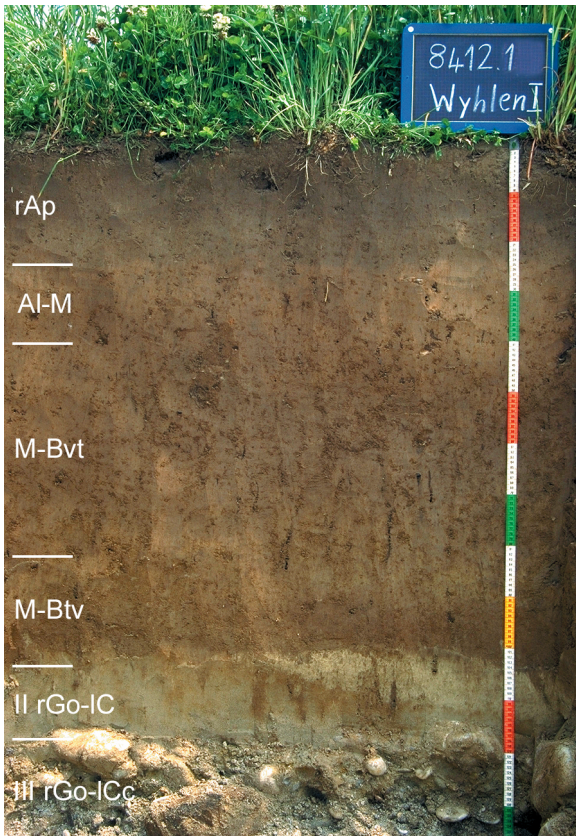


Abb. 4.15: Lessivierte Auenbraunerde aus Auenlehm über Terrassenschotter (Bezeichnung nach deutschem Klassifikationssystem; Profilschreibung im Anhang)

pflanzennutzbarer Gründigkeit. Insgesamt nur in geringem Umfang im Projektgebiet, v. a. in unmittelbarer Umgebung der Rheinnebenflüsse gelegen, sind Böden aus Auensedimenten mit aktuell unterschiedlicher, auch fehlender Überschwemmungs- und Auendynamik anzutreffen.

Typologisch gehören diese Böden zu den Aueböden, Fluvisolen und Buntgleyen (schweizerisches) bzw. zu den Vegen, Kalkpaternien und Gleyen (deutsches Klassifikationssystem). Stauwasserböden kommen im Hochrheintal nur auf kleinen Flächen, z. B. am Rand des Möhliner Felds vor. Obwohl insgesamt grundwassergeprägte Böden im Hochrheintal selten sind, ist der Grundwassereinfluss in Randrinnen einzelner Terrassenstufen so stark, (z. B. südöstlich von Lottstetten und bei Hohentengen), dass sich Niedermoore bilden konnten.

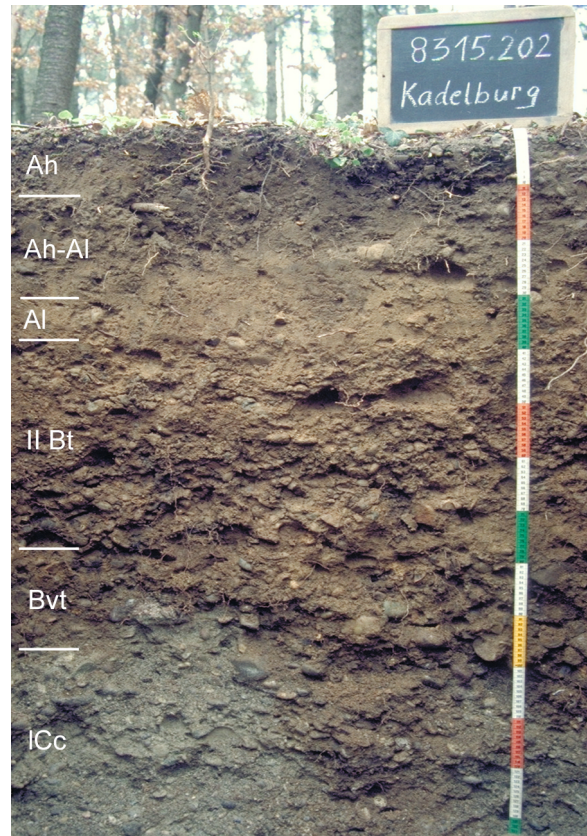


Abb. 4.16: Tief entwickelte Parabraunerde aus Niederterrassenschotter (Bezeichnung nach deutschem Klassifikationssystem; Profilschreibung im Anhang)

#### 4.4.2 Karte der Filter- und Pufferkapazität der Böden (Karte 2.2)

Böden bilden im Stoffhaushalt der Ökosphäre ein natürliches Reinigungssystem, das emittierte Schadstoffe aufzunehmen, zu binden und - je nach Art der Schadstoffe und Eigenschaften der Böden - in mehr oder weniger hohem Maße kurz- bis langfristig aus dem Stoffkreislauf der Ökosphäre zu entfernen vermag (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). Wie bei jedem Reinigungssystem, kann diese Leistungsfähigkeit z.B. durch Überbeanspruchung ganz oder teilweise außer Kraft gesetzt werden. Mit dem Begriff Filter- und Puffervermögen wird die Fähigkeit der Böden, Schadstoffe zu binden und ggf. abzubauen, "unschädlich" zu machen, beschrieben. In vielen Fällen führen allerdings die hierzu zählenden Vorgänge nur zu einer Verminderung der Mobilität von Schadstoffen z. B. durch Ad-

sorption. Letztlich werden Schadstoffe also nur vorübergehend dem Stoffkreislauf der Ökosphäre entzogen. Sie können sich gerade in Böden mit hohem Filter- und Puffervermögen anreichern und langfristig eine schwer abzuschätzende Gefahrenquelle werden. Lediglich bei der Umwandlung in unschädliche Stoffe, z. B. beim mikrobiellen Abbau organischer Stoffe zu CO<sub>2</sub>, ist die Entfernung der Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf vollständig und endgültig.

Die Vorgänge, auf denen das Filter- und Puffervermögen eines Bodens beruhen, sind sehr verschiedener Natur und lassen sich in 4 Gruppen einteilen (nach BLUME 1990):

- Filterung grobdispenser Partikel: Sie erfolgt vorzugsweise in Mittel- und Grobporen mit einem Durchmesser zwischen 1 und 100 µm und ist damit in erster Linie von der Porengrößenverteilung abhängig.
- Adsorption kolloidaler und gelöster Stoffe sowie von Mikroorganismen an oberflächenaktiven Bodenteilchen (Tonminerale, Huminstoffe, Sesquioxide) oder chemische Fällung nach Reaktion mit bodeneigenen Substanzen. Ton- und Humusgehalt sowie pH-Wert und Carbonatführung sind hierbei die wichtigsten Einflussgrößen des Bodens.
- Mikrobieller Abbau organischer Schadstoffe (Transformationsfähigkeit): Die Transformationsfähigkeit hängt ab von den Lebensbedingungen der Mikroorganismen im jeweiligen Boden, aber auch vom Vorhandensein evtl. Abbauspezialisten für bestimmte Stoffe.
- Pufferung der Bodenlösung gegenüber Säureeintrag

Die Bewertung des Filter- und Puffervermögens der Böden stößt naturgemäß an Grenzen, da, wie dargestellt, ganz unterschiedliche Vorgänge und damit jeweils unterschiedliche Bodeneigenschaften eine Rolle spielen. Hinzu kommt, dass die zahlreichen Schadstoffe große Unterschiede in ihrem Verhalten zeigen. So liegen z. B. die Grenz-pH-Werte für eine beginnende Mobilisierung von Cadmium bei pH 6.5, von Blei bei pH 4.0. Schließlich sind es nicht nur Bodeneigen-

schaften, die zu berücksichtigen sind, sondern auch beispielsweise die Klima- und Witterungsverhältnisse: Hohe Niederschläge etwa bedingen eine geringere Verweilzeit des Sickerwassers im Boden und damit verkürzen sich mögliche Reaktionszeiten. Die Wärmeverhältnisse beeinflussen die biologische Aktivität und damit die Transformationsfähigkeit des Bodens.

Zu beachten sind auch die unterschiedlichen räumlichen Wirkungsbereiche des Filter- und Puffervermögens der Böden. Es trägt einerseits zum Schutz des Grundwassers bei; in dieser Hinsicht ist die gesamte vertikale Sickerstrecke des Bodens maßgebend. Andererseits können bei Böden mit lateralem, oberflächennahem Abfluss (Stauwasserböden) Schadstoffe in den Vorfluter gelangen, ohne das Bodenprofil vollständig zu passieren. Hier darf nur die Eigenschaften des Stauwasserleiters bewertet werden (wobei aber die Entfernung zum Vorfluter, die Fließstrecke, zu beachten wäre). Ein wiederum anderer Wirkungsbereich ist der Übergang von Schadstoffen in die Nahrungskette, der meist schon im Oberboden (0 - 30 cm) erfolgen kann und für den damit die Eigenschaften des gesamten Bodenprofils von untergeordneter Bedeutung sind.

Die flächenhafte Darstellung des allgemeinen Filter- und Puffervermögens der Böden muss daher von starken Vereinfachungen ausgehen.

Ein Leitfaden des Umweltministeriums Baden-Württemberg (1995) enthält ein anerkanntes, einfaches Verfahren für die Ermittlung der Filter- und Pufferkapazität von Böden. Dabei werden drei Stoffgruppen (anorganische Schadstoffe, organische Schadstoffe und Säuren) getrennt bewertet und zusätzlich zu einer Gesamtbewertung verknüpft (Abb. 4.17). Unterschiedliche Nutzungen werden soweit separat betrachtet, als sie direkten Einfluss auf Bodenparameter, z. B. den pH-Wert, ausüben. Mit der Berücksichtigung eines mittleren, gewichteten pH-Werts für die Böden wird eine transferpfadunabhängige Bewertung vorgenommen. Weitere nutzungsspezifische Betrachtungen und Differenzierungen sind nicht vorgesehen. Stoffliche Vorbelastungen oder etwaige Stoffeinträge bleiben zunächst unberücksichtigt. Trotz diesen Verein-

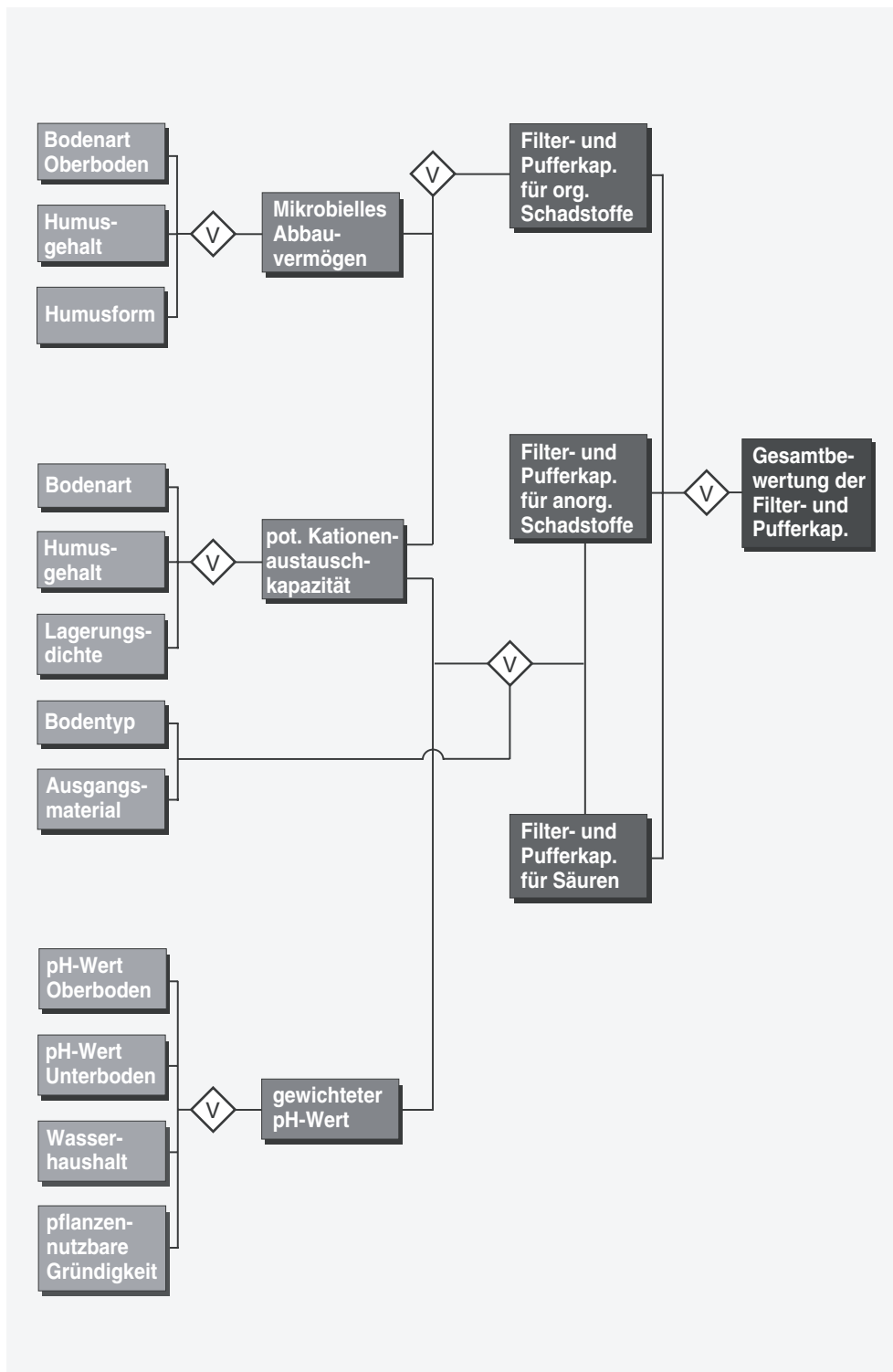


Abb. 4.17: Ablaufschema für die Ermittlung der Bodenfunktion "Filter- und Pufferkapazität" (Verfahren nach Umweltministerium Baden-Württemberg 1995, verändert)

V = Verknüpfung

fachungen lässt sich das Filter- und Puffervermögen von Böden mit diesem Verfahren gerade hinsichtlich seiner Schutzwirkung für das Grundwasser im Übersichtsmaßstab gut darstellen.

Das Bewertungsverfahren wurde für dieses Projekt modifiziert, um es auf die vorliegenden Daten anwenden zu können (Tab. 4.8; Abb. 4.17). Die Größe der "Kontrollsektion" im Originalverfahren wurde hier durch die Angabe der

"pflanzennutzbaren Gründigkeit", die Einzelfaktoren "Tonmenge" und "Humusmenge" durch die "potentielle Kationenaustauschkapazität" ersetzt. Die Trennung zwischen Grundwasser-, Stauwasser- und anhydromorphen Böden wurde aufgehoben. Die Bewertungskriterien "mikrobielles Abbauvermögen" (abgeleitet aus der Humusform), "gewichteter pH-Wert", "carbonathaltige Horizonte" sowie "bodentypologische Besonderheiten" blieben unverändert.

In Einzelfällen können je nach Art des Schadstoffs Abweichungen von dieser allgemeinen Bewertung auftreten (wasserlösliche, nicht sor-

bierbare Schadstoffe, unterschiedliches Verhalten einzelner Schwermetalle etc.). Auch klimatische Unterschiede werden bei diesem Bewertungsverfahren nicht berücksichtigt, so dass eine vergleichende Betrachtung der Bodenfunktion nur innerhalb ähnlicher Klimaverhältnisse (wie hier im Hochrheintal) zulässig ist. Der Schwerpunkt des o. g. Bewertungsverfahrens liegt nicht in einer Risikobeurteilung gegenüber einzelnen Schadstoffen in Böden, sondern hinsichtlich ihrer ökologischen Leistungsfähigkeit beim Vergleich unterschiedlicher Böden. Leistungsfähigere Böden sind z.B. vor weiterer Inanspruch-

Tab. 4.8: Bewertungsverfahren für die Filter- und Pufferkapazität von Böden, getrennt für die Stoffgruppen "anorganische Schadstoffe (v. a. Schwermetalle)", "organische Schadstoffe" und "Säuren" (nach: Umweltministerium Baden-Württemberg 1995, Tab. 16, verändert)

KAKpot val/m <sup>2</sup>	anorganische Schadstoffe <sup>(1),(5)</sup>			organische Schadstoffe <sup>(5)</sup>			Säuren <sup>(5)</sup>			
	gewicht. pH-Wert			mikrobielles Abbauvermögen			gewicht. pH-Wert			
	<5	5-6	>6 <sup>(2)</sup>	niedrig	mittel	hoch <sup>(3)</sup>	<4,2 <sup>(1)</sup>	4,2 -5 <sup>(1)</sup>	5-7 <sup>(1)</sup>	>7 <sup>(4)</sup>
<50	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
50-100	1	2	2	1	1	2	1	1	2	3
100-200	2	3	3	2	2	3	1	2	3	4
200-300	3	3	4	3	3	3	1	3	3	4
>300	3	4	4	3	4	4	1	3	4	4

KAKpot = potentielle Kationenaustauschkapazität

(1): wenn carbonatische Feinerde zwischen 0 - 10 dm oder oberhalb Gr-Horizont, dann Klassenwert um 1 Stufe erhöhen (max. Stufe 4)

(2): wenn A-C Böden aus Ton-, Mergel, Geschiebemergel oder Löss, dann Klassenwert = 4

(3): wenn A-C Böden aus Ton- oder Mergel, dann Klassenwert = 4

(4): wenn A-C Böden aus Ton-, Mergel, Geschiebemergel, Löss oder Sinterkalk, dann Klassenwert = 4

(5): Moor = 1 (Sonderbewertung)

Bewertungsstufen der Filter- und Pufferkapazität:

1 = sehr gering

2 = gering

3 = mittel

4 = hoch

---

nahme zu schützen und für eine werterhaltende Nutzungen zu sichern.

In der Regel sind die forstlich gegenüber den landwirtschaftlich genutzten Böden stärker versauert. Deshalb weisen Waldböden, vor allem bei sandigen und kiesigen Bodensubstraten, geringere Filter- und Pufferkapazitäten auf. Die Verbreitung der Waldflächen ist der Karte 2.4 "Landnutzung" zu entnehmen. Tiefgründige, lehmig-tonige, nicht oder nur gering versauerte Böden sind in den besseren Bewertungsstufen eingruppiert.

Aufgrund der Aggregierung und Generalisierung im Bewertungsverfahren wird die Darstellung der Ergebnisse im Übersichtsmaßstab 1 : 50 000 für ausreichend erachtet. Für die Praxis im Gewässer- und Bodenschutz können anhand dieser Karte Bereiche mit hoher Filter- und Pufferleistung von solchen geringerer Leistungsfähigkeit abgegrenzt werden. Dies ist einerseits bei Beurteilungen von Flächeninanspruchnahmen für Siedlung, Industrie und Verkehr von Bedeutung. Andererseits liefern die Daten in Havariefällen erste Informationen zur Beurteilung einer Gefahrenlage.

#### **4.4.3 Karte des Rückhaltevermögens der Böden für wasserlösliche Stoffe (Karte 2.3)**

Während zur Beurteilung der Filter- und Pufferkapazität der Böden chemische Parameter (pH-Wert, Kationenaustauschkapazität) verwendet werden, stehen bei der Risikobeurteilung zur Auswaschung wasserlöslicher Stoffe auf Basis des Bewertungsverfahrens von EGLI et al. (1998) bodenphysikalische Kenngrößen im Vordergrund. Folgende Kriterien werden, je nach Wasserhaushalt der Böden, in unterschiedlicher Kombination angewandt:

- pflanzennutzbare Gründigkeit
- Wasserhaushaltsstufe
- Wasserdurchlässigkeit (kf)
- Grobporenvolumen (LK)
- Kationenaustauschkapazität (KAK)

- nutzbare Feldkapazität (nFK)
- Tongehalt im Unterboden
- Lagerungsdichte
- Grenzflurabstand
- Drainagen

Aufgrund der im INTERREG II-Projekt vorliegenden Daten musste das Bewertungsschema leicht modifiziert werden. Lagerungsdichte, Grenzflurabstand und die evtl. Präsenz von Drainagen wurden zur Bewertung nicht herangezogen.

Zu den besonders relevanten wasserlöslichen Stoffen im Boden gehören die Anionen Nitrat und Phosphat sowie organische Stoffe wie Atrazin. Da die Sickerwassermenge nicht in die Bewertung eingeht, wird mit dem Verfahren das Rückhaltevermögen der Böden für wasserlösliche Stoffe und nicht das Auswaschungsrisiko beschrieben. Die Verweildauer des Sickerwassers in den Bodenschichten über dem Grundwasserkörper bestimmt wesentlich die Filtereigenschaften des Bodens. Aus dem Rückhaltevermögen der Böden für wasserlösliche Stoffe in Verbindung mit der Karte zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag kann das Auswaschungsrisiko abgeschätzt werden.

Der am meisten limitierende Parameter bestimmt die Filtereigenschaften und damit das Rückhaltevermögen der Böden. Das Bewertungsverfahren wurde für landwirtschaftlich genutzte Flächen entwickelt und auf Basis großmaßstäbiger Bodenkarten getestet. Bei der hier vorliegenden Karte i. M. 1 : 50 000 wird es im Projektgebiet flächendeckend umgesetzt. D. h. auch Waldflächen werden entsprechend ihren Böden bewertet und dargestellt. Es ist jedoch zu beachten, dass bei einer Beurteilung von Grundwassergefährdungen Waldflächen gegenüber landwirtschaftlich genutzten Flächen andere Stoffeinträge und -mengen aufweisen. Aufgrund der Aggregierung und Generalisierung im Bewertungsverfahren wird die Darstellung der Ergebnisse im Übersichtsmaßstab 1 : 50 000 für ausreichend erachtet.

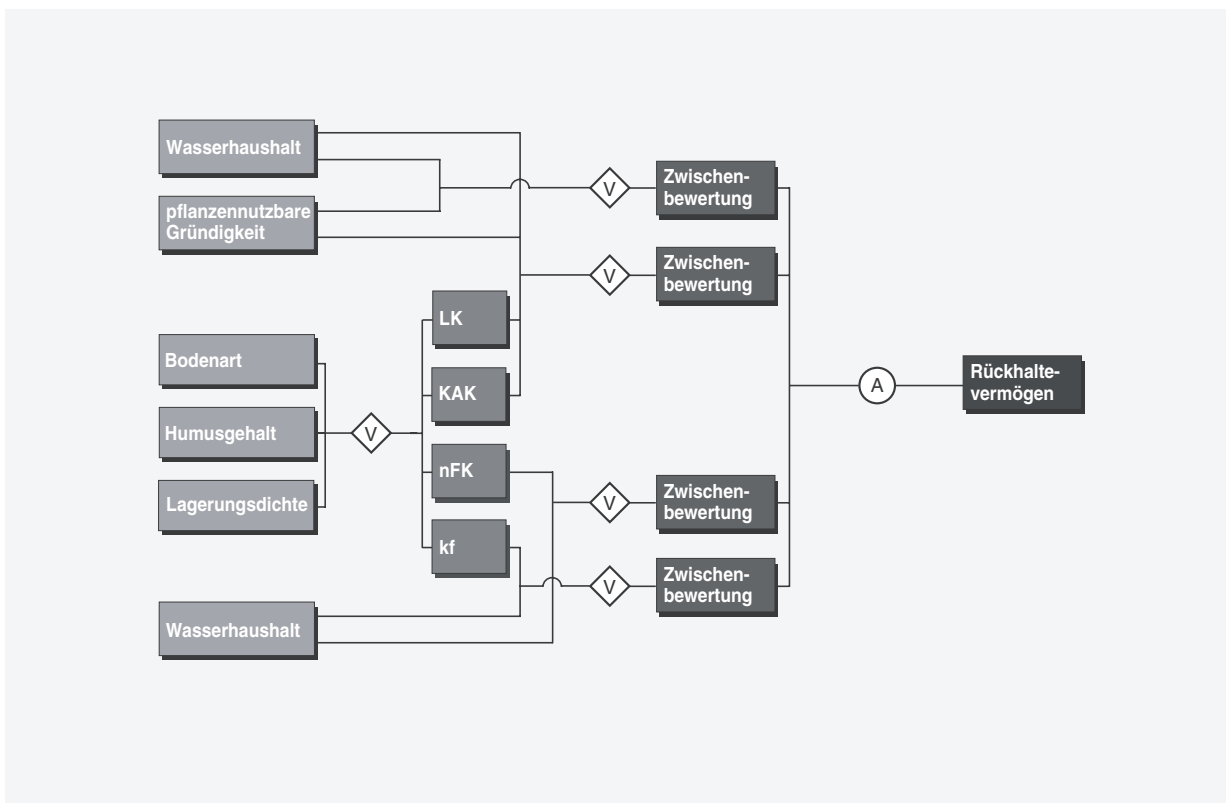


Abb. 4.18: Ablaufschema für die Ermittlung des Rückhaltevermögens der Böden für wasserlösliche Stoffe (Verfahren nach EGLI et al. 1998, verändert)

V = Verknüpfung

A = Auswahl (Übernahme der schlechtesten Zwischenbewertung)

Für die Anwendung in der Praxis liefert die Karte wertvolle Informationen über das Rückhaltevermögen der Böden für wasserlösliche Stoffe. Besonders ist hier der flächenhafte Eintrag von Nitrat durch die Landwirtschaft und teilweise durch die Niederschläge zu beachten. Die Karte weist diesbezüglich Risikogebiete aus. Wie in Kapitel 4.3.6 dargestellt, sind jedoch im Hochrheintal die Nitratwerte im Grundwasser derzeit meist nicht problematisch. Dies ist zum Teil auch durch den Verdünnungseffekt durch Flusswasserinfiltrat und Seitenzuflüsse, bzw. durch Grundwasseranreicherungen mit nitratar-tem Flusswasserinfiltrat begründet.

#### 4.4.4 Karte der Landnutzung (Karte 2.4)

Über die jeweilige Landnutzung werden Grundwasser und Böden vielfältig beeinflusst und oft auch beeinträchtigt. Die Art der Landnutzung ist auch Ausdruck für die Intensität der Nutzung

und gibt einen Hinweis auf die zu erwartenden Eigenschaften und Belastungen der einzelnen Gebiete. Das Projektgebiet ist im westlichen Teil durch den urbanen Raum der Stadt Basel geprägt. In diesem Gebiet steht der Druck auf die Fläche durch Siedlung, Verkehr, Industrie und Freizeitnutzung im Vordergrund. Der Anteil an versiegelten Flächen ist groß. In den ländlicheren Gebieten des zentralen und östlichen Teils ist mit anderen Belastungen zu rechnen. Vor allem der Einfluss von Verkehrswegen und der Landwirtschaft auf die Böden und das Grundwasser steht hier im Vordergrund.

Die Landnutzungsdaten bilden zudem im vorliegenden Projekt, neben der Niederschlagsverteilung und den Bodenverhältnissen, die Basis für die Erstellung einer Karte der Grundwasserneubildung.

## Datengrundlage

Für das Projektgebiet, das sich beiderseits des Hochrheins über zwei Länder mit fünf Kantonen auf Schweizer und zwei Landkreisen auf deutscher Seite erstreckt, liegen unterschiedliche Datengrundlagen zur Landnutzung vor. Sie sind z. T. nicht miteinander vergleichbar und ohne aufwändige Anpassung grenzüberschreitend nicht verwendbar.

Um eine für beide Länder vergleichbare Datengrundlage zu erhalten, wurde deshalb auf die LANDSAT-Daten zurückgegriffen, die im Rahmen des INTERREG II-Projekts "Grundla-

gen für eine Raumkonzeption im Deutsch-Österreich-Schweizerischen Grenzraum" erhoben wurden. Das Projekt wurde unter Federführung des Regionalverbandes Hochrhein - Bodensee in den Jahren 1996 bis 2000 durchgeführt (Regionalverband Hochrhein-Bodensee 2000). Mit der Auswertung von Satellitenbildern aus den Jahren 1996 und 1997 wurden in diesem Projekt aktuelle, länderübergreifende Landnutzungsdaten im Grenzgebiet des südlichen Baden-Württemberg, der Nordschweiz und von Vorarlberg erstellt. Damit stand für das Projektgebiet ein Datensatz zur Verfügung, der unabhängig von Landesgrenzen nach einheitlichen

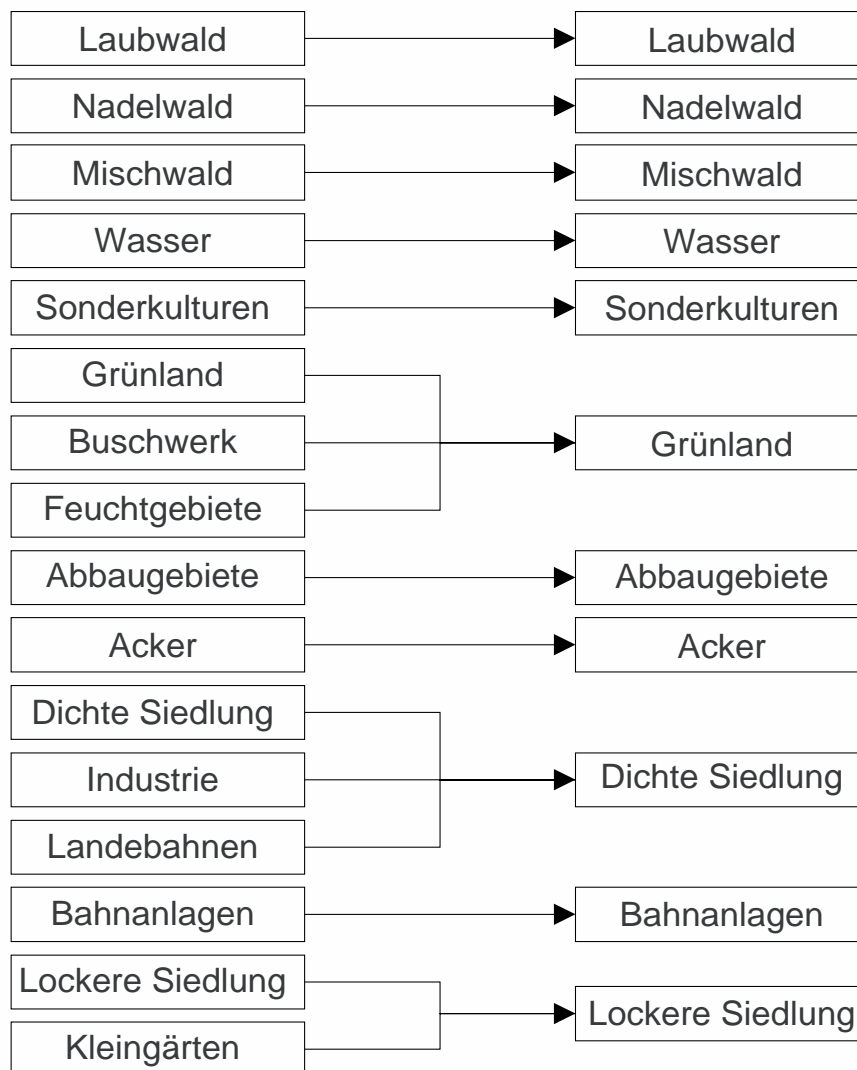


Abb. 4.19: Zusammengefasste Landnutzungsklassen

Kriterien und für einen gleichen Erhebungszeitpunkt geschaffen wurde.

Bei den Satellitenbildern handelt es sich um Landsat-TM-Aufnahmen. TM steht für Thematic Mapper und beschreibt den Aufnahmesensor, der Bestandteil der Landsat-Missionen ist und nicht nur Aufnahmen im sichtbaren Licht, sondern in insgesamt sieben Spektralbereichen liefert. Die Landsat-TM-Aufnahmen haben eine räumliche Auflösung von 30 m. Zwar gibt es Systeme mit präziserer räumlicher Auflösung, Landsat-TM-Aufnahmen eignen sich jedoch durch ihre Einteilung in sieben Spektralkanäle besonders gut für die Erkennung der Landnutzung.

Für das INTERREG II-Projekt "Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal" wurden die im Projektgebiet ursprünglich vorhandenen 16 Landnutzungsklassen auf 11 Klassen zusammengefasst (Abb. 4.19). Dabei wurde besonders auf die unterschiedlichen Einflüsse der jeweiligen Nutzung auf die Grundwasserneubildung geachtet. So wirken sich z. B. im Bereich der Nutzung "Siedlungs- und Verkehrsflächen" die Bahnanlagen, die kaum versiegelt sind, naturgemäß weniger negativ auf die Grundwasserneubildung aus als eng bebaute, stark versiegelte Siedlungsgebiete.

### **Interpretation und Genauigkeit**

Die ursprüngliche Klassifizierung erfolgte durch ein halbautomatisches Verfahren (Maximum-Likelihood-Klassifizierung). Automatisierte Verfahren liefern nicht für alle Klassen die gleiche Genauigkeit. Je nachdem, wie sich die einzelnen Klassen in ihren spektralen Eigenschaften unterscheiden, sind sie auch mehr oder weniger gut von einander zu trennen. In der vorliegenden Einteilung sind die Klassen Mischwald, Lockere Siedlung, Sonder- und Spezialkulturen am ehesten mit Ungenauigkeiten behaftet. Die Klassen Laubwald, Nadelwald, Acker und Dichte Siedlung sind dagegen mit hoher Genauigkeit klassiert worden.

Die Auflösung von 30 x 30 m bleibt die Grundlage für die in der Karte dargestellten Flächen. Das Raster der Ausgangsdaten ist gut zu erkennen. Auf eine "Verschönerung" mit Generalisie-

rungs- oder Kantenrundungsfunktionen wurde bewusst verzichtet, um nicht eine falsche Genauigkeit vorzutäuschen.

Der Aussagekraft der Landnutzungskarte sind daher auflösungsbedingt Grenzen gesetzt. Für die Beurteilung einzelner, flurstücksbezogener Maßnahmen ist die Karte weniger geeignet. Im Darstellungsmaßstab 1 : 50 000 kann die Karte der Landnutzung als Arbeits- und Orientierungshilfe allerdings wichtige Hinweise auf die Nutzung größerer, zusammenhängender Gebiete geben. Sie soll eine Übersicht über die Bodenutzung im Projektgebiet vermitteln.

### **4.4.5 Karte der Grundwasserneubildung (Karte 2.5)**

Der Wasserhaushalt von Landflächen wird im Rahmen der klimatischen Gegebenheiten in starkem Maße durch die Böden gesteuert. Böden speichern Niederschlagswasser, welches vor allem über die Pflanzenverdunstung wieder an die Atmosphäre zurückgegeben wird. Niederschlagsüberschüsse, die nicht im Boden gespeichert werden können, versickern vertikal oder fließen lateral ab und speisen Grundwasser, Quellen und oberirdische Gewässer. Unterschiedliche Anteile des Niederschlagswassers können aber auch auf der Bodenoberfläche abfließen und direkt in oberirdische Gewässer gelangen. Bei gleichen klimatischen Gegebenheiten sind die Anteile zwischen den Wasserhaushaltselementen (Verdunstung, Sickerung, Zwischen- und Oberflächenabfluss) je nach Relief, Vegetation und Boden sehr verschieden.

Die Grundwasserneubildung ist gemäss DIN 4049 die Zusickeung von Wasser in den gesättigten Bereich eines Grundwasserleiters. Im allgemeinen handelt es sich um Niederschlagswasser, das nach entsprechenden Verdunstungsverlusten im Boden durch eine mehr oder weniger mächtige ungesättigte Zone des Grundwasserleiters sickert. Oberflächen- und Zwischenabfluss spielen im Untersuchungsgebiet wegen der meist guten bis mittleren Infiltrationseigenschaften der Deckschichten und des meist geringen Reliefs keine besondere Rolle und werden daher nicht berücksichtigt. Dementsprechend kann hier die Grundwasserneubildung aus Niederschlag

gut aus Wasserhaushaltsmodellen abgeleitet werden. Analog zur Bestimmung der Höhe der Grundwasserneubildung mittels Lysimetern wird unterstellt, dass alles frei bewegliche und aus dem Niederschlag resultierende Sickerwasser, das die untere Grenze des Wurzelraums erreicht hat, ohne weitere Verluste in der ungesättigten Zone in den Grundwasserraum gelangt.

Die in der Karte i. M. 1 : 50 000 dargestellte mittlere, langjährige Grundwasserneubildungsrate aus Niederschlag basiert auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (2000). Aufgrund ähnlicher Klimaverhältnisse beiderseits des Rheins wurden die Ergebnisse des Deutschen Wetterdienstes (DWD) auf das Schweizer Hochrheingebiet extrapoliert. Die Rasterdarstellung der Karte orientiert sich an den Vorgaben der Landnutzungsdaten, die eine Zellengröße von 30 x 30 m aufweisen. Die Berechnung der realen Verdunstungshöhen erfolgte vom DWD mit Daten der Wetterstation Bad Säckingen, getrennt für die Nutzungsformen "Ackerland" (2 Varianten), "Dauergrünland", "Laub- und Nadelwald" für jeweils unterschiedliche Bodenverhältnisse (5 Varianten) mit dem Verdunstungskomponentensystem VEKOS (Deutscher Wetterdienst 2000). Der Untersuchungszeitraum umfasst die Zeitreihe 1961-1990. Um systematische Fehler bei der Niederschlagsmessung (Windfehler, Benetzungs-, Verdunstungsverlust) auszugleichen, wurden korrigierte Niederschlagshöhen verwendet. Der DWD (2000) verwendet für das Hochrheingebiet folgenden Korrekturfaktor:

$$N_k = N_u / 0,93458$$

Nu: unkorrigierte Niederschlagshöhe,

Nk: korrigierte Niederschlagshöhe

Der Ablauf der Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist schematisch in Abb. 4.21 dargestellt.

Im Zentrum des Projektgebiets fallen die höchsten Jahresniederschlagsmengen (Abb. 4.20, Tab. 4.9). Sie nehmen nach Osten (bis Schaffhausen) um 200-300 mm und nach Westen (bis Basel) um 300-400 mm ab (Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd 1995; ZAHNO 1995; SCHLENKER & MÜLLER 1986).

Tab. 4.9: Niederschlagshöhe im Hochrheingebiet (unkorrigierte Jahresmittel in mm)

Station	Zeitreihe <sup>1)</sup>	Zeitreihe <sup>2)</sup>
	1931-1960	1961-1990
Binningen		778
Muttenz		872
Augst		908
Rheinfelden	921	1006
Bad Säckingen		1113
Laufenburg		1173
Waldshut	1040	
Hohentengen	912	
Nack	839	
Altenburg	827	

1) Daten des Deutschen Wetterdienstes, zit. nach SCHLENKER & MÜLLER (1975,1986)

2) Daten des Deutschen Wetterdienstes, der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt und Lufthygieneamt beider Basel, zit. nach ZAHNO (1995)

Im Hochrheingebiet hängt die Höhe der Grundwasserneubildung wesentlich von der Niederschlagshöhe ab. Nutzungs- und Bodenunterschiede der Freiflächen wirken sich nur in geringerem Masse aus. In Tab. 4.10 sind neben mittleren Grundwasserneubildungsraten auch Extremwerte für Trocken- und Nassjahre angegeben. Die Unterschiede der Grundwasserneubildungsraten zwischen den Einzeljahren ist erheblich. So weichen z. B. die Werte der Jahre 1966 und 1976 um ca. 40 bis 70% vom langjährigen Mittelwert ab. In der Kartenlegende werden die Grundwasserneubildungswerte in der Einheit "Liter pro Sekunde und Quadratkilometer" und "Millimeter pro Jahr" angegeben. Die kleinsten Grundwasserneubildungswerte mit 1-4 l/(s\*km<sup>2</sup>) treten im Basler Stadtgebiet und die größten mit

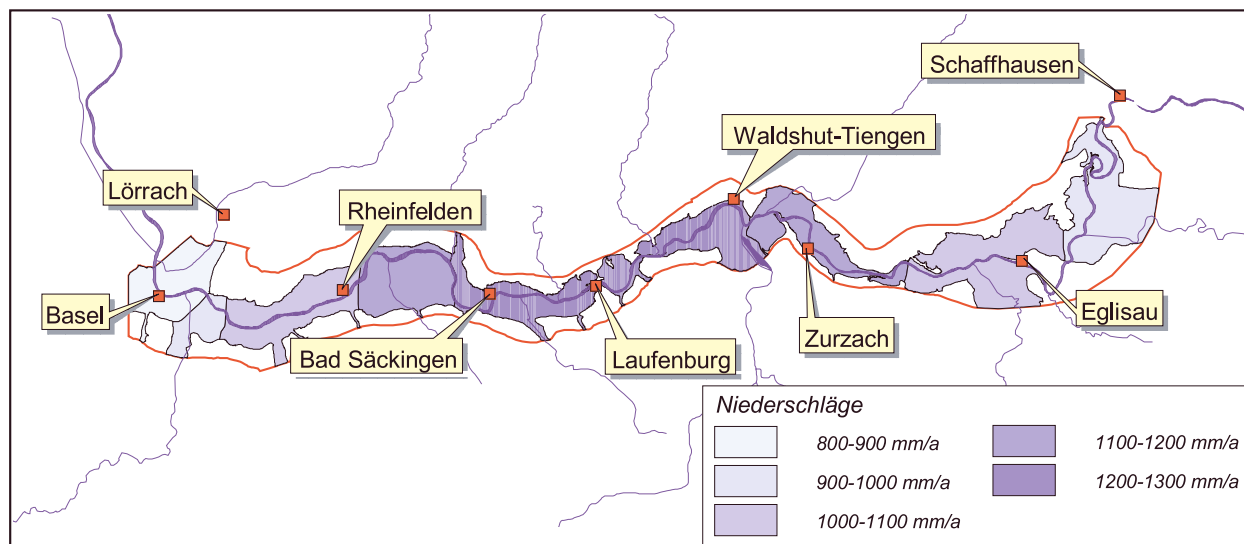


Abb. 4.20: Mittlere, korrigierte Jahresniederschläge 1961-1990

30-34 l/(s\*km<sup>2</sup>) im Bereich von Bahnanlagen im zentralen Hochrheingebiet auf.

Die Variation der jährlichen, korrigierten Niederschläge (min. 845 mm, max. 1621 mm) und Verdunstungshöhen der Wetterstation Bad Säckingen zwischen 1961 und 1990 ermöglicht es für die verschiedenen Landnutzungs- und Bodenkombinationen lineare Regressionen zwischen Grundwasserneubildungsrate und Niederschlag abzuleiten (Tab. 4.11). In Verbindung mit der Niederschlagsverteilung, der Landnutzung und den Bodenverhältnissen im Projektgebiet erfolgte die Regionalisierung und Darstellung der Grundwasserneubildung (Karte 2.5).

Die mittlere langjährige Grundwasserneubildung kann als gemittelter, durchschnittlicher Parameter bei Grundwasserbilanzierungen und regionalen Vergleichen eingesetzt werden. Bei hydrogeologischen Modellierungen, v. a. wenn sie mit stichtagsbezogenen Grundwasserständen kalibriert werden, sind sie dagegen nur stark eingeschränkt verwendbar. Mit den Regressionsgleichungen der Tab. 4.11, den im Projekt erhobenen und digital archivierten Boden- und Landnutzungsdaten kann jedoch in Verbindung mit Jahresniederschlagswerten die Grundwasserneubildung im Hochrheingebiet für Einzeljahre errechnet sowie regionalisiert und in Grundwassermodellen sinnvoll eingesetzt werden.

Die Landnutzungsklassifikation der im Projekt verwendeten Satellitendaten unterscheidet zwischen "lockerer" und "dichter" Bebauung (siehe Kap. 4.4.4). Das Niederschlagswasser versiegelter Flächen wird in der Regel über Kanalisationssysteme mit oder ohne zwischengeschalteter Kläranlagen einer Vorflut zugeführt. Deshalb werden in Siedlungsbereichen die für Freiflächen errechneten Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag bei lockerer Bebauung um 1/3 bzw. bei dichter Bebauung um 2/3 reduziert. Diese Werte stellen nur eine grobe Annäherung an die realen Verhältnisse dar. In Innenstadtbereichen und grossen Industriekomplexen kann die Bodenoberfläche fast vollständig versiegelt sein. Eine "Erneuerung" der Grundwasservorräte kann hier fast nur über undichte Wasserrohre und Abwasserkanäle erfolgen. Siedlungs- und Abbaugelände (z. B. Kiesgruben) sind in der Bodenkarte abgegrenzt. Weisen die Satellitendaten innerhalb dieser Flächen eine Klassifizierung für Vegetation aus (z. B. "Grünland"), wird für diesen Bereich trotzdem kein Grundwasserneubildungswert angegeben, da mit vorliegender Verfahrensweise z. B. in Siedlungsgebieten nicht zwischen einem Park und einer begrünten Tiefgarage unterschieden werden kann.

Tab. 4.10: Grundwasserneubildungsrate bzw. Sickerwassermenge in mm/Jahr (korrigierter Niederschlag minus realer Verdunstung) verschiedener Hydrotope im zentralen Hochrheingebiet für Trockenjahr (1976), Nassjahr (1966) und langjähriges Mittel (1961-1990) (nach Deutscher Wetterdienst 2000)

		nFK der Böden (mm)				
		50	100	150	200	250
Nadelwald	1976	281	249	225	171	142
	Mittel	551	513	503	472	464
	1966	877	851	848	827	824
Laubwald	1976	296	263	245	194	172
	Mittel	603	573	567	542	536
	1966	949	931	929	916	915
Grünland	1976	319	287	267	218	191
	Mittel	615	590	583	558	552
	1966	974	952	949	933	929
Getreide	1976	320	291	270	229	212
	Mittel	634	608	602	582	577
	1966	992	966	960	941	939
Mais	1976	324	288	272	237	228
	Mittel	664	637	630	614	610
	1966	1008	997	990	980	976

korrigierter Niederschlag: 1976: 845 mm; Mittel: 1224 mm, 1966: 1621 mm

Beispiel: Bei einem Boden mit einer nFK von 100 mm unter Grünland betrug 1976 die Grundwasserneubildung 287 mm/Jahr.

nFK: nutzbare Feldkapazität der Böden

In der Landnutzungsklassifikation werden Bahnanlagen separat gekennzeichnet. Für diese Gebiete erfolgt eine grobe Abschätzung der Grundwasserneubildungswerte. Während die Abtrocknungsrate vegetationsfreier Oberflächen

im Projektgebiet durchschnittlich 160 mm pro Jahr beträgt (Deutscher Wetterdienst 2000), wurde für Bahnanlagen generell eine jährliche Verdunstungshöhe von ca. 300 mm angesetzt.

Tab. 4.11: Grundwasserneubildungsrate in mm/Jahr für das Hochrheintal in Abhängigkeit von Nutzung, Boden und Niederschlag (nach Deutscher Wetterdienst 2000)

Nadelwald	nFK: 50-150 mm	GW = 0,83Nk-497	$r^2 = 0,92$
	nFK:150-250 mm	GW = 0,89Nk-612	$r^2 = 0,95$
Laubwald oder Gras	nFK: 50-150 mm	GW = 0,89Nk-504	$r^2 = 0,95$
	nFK:150-250 mm	GW = 0,95Nk-601	$r^2 = 0,97$
Getreide oder Mais	nFK: 50-150 mm	GW = 0,91Nk-479	$r^2 = 0,96$
	nFK:150-250 mm	GW = 0,93Nk-533	$r^2 = 0,97$

nFK: nutzbare Feldkapazität der Böden  
 GW: Jährliche Grundwasserneubildungsrate aus Niederschlag (mm/a)  
 Nk: korrigierter Jahresniederschlag (mm/a)  
 $r^2$ : Bestimmtheitsmaß

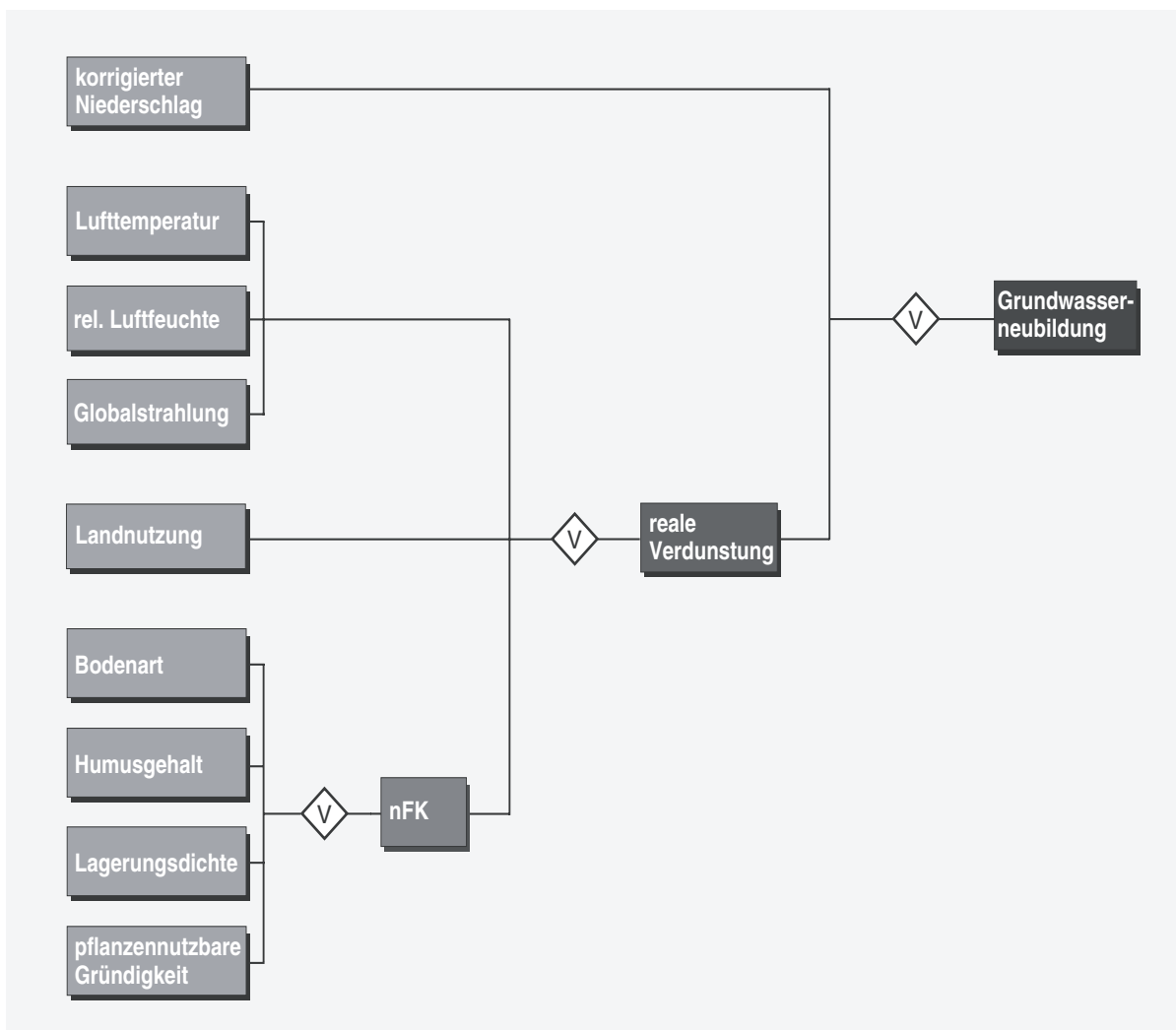


Abb. 4.21: Ablaufschema für die Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag

V = Verknüpfung

---

#### 4.4.6 Karte der Schwermetallgehalte der Böden (Karte 2.6)

##### Allgemeines

Durch die Konsum- und Lebensgewohnheiten sowie die industriellen Produktions- und landwirtschaftlichen Anbaumethoden unserer heutigen Gesellschaft wird der Stoffhaushalt der Ökosphäre örtlich in starkem Masse durch Einträge von organischen und anorganischen Schadstoffen beeinflusst. Diese können aus den verschiedensten anthropogenen Quellen als gasförmige, flüssige oder feste Substanzen in Luft, Wasser und Boden gelangen. Eine dieser Schadstoffgruppen sind die Schwermetalle.

Schwermetalle können in Böden natürlicherweise vorkommen, aber auch aus anthropogenen Aktivitäten stammen. Beispiele für natürliche Quellen sind Vulkanausbrüche, Erzgänge oder die Verwitterung von Gesteinen. Auf menschliche Aktivität lassen sich viele Verschmutzungen des Erdreichs zurückführen. Als Beispiele seien erwähnt

- der Bergbau, mit dem Schwermetalle in die belebte Natur gefördert werden
- die Verhüttung von Erzen
- der motorisierte Verkehr, wegen der früheren Verwendung von bleihaltigem Benzin
- Emissionen aus Metall verarbeitenden Betrieben und der Müllverbrennung
- die unsachgemäße Verwendung von schwermetallhaltigen Düngemitteln, Bioziden, Klärschlämmen und Kompost in der Landwirtschaft
- Korrosion und Abrieb von metallhaltigen Gegenständen wie Dachrinnen, Fahrleitungen, Hochspannungsmasten etc.

In den Böden können sich Schwermetalle je nach Art und Menge positiv, aber auch negativ auswirken. Viele der im Boden lebenden Mikroorganismen und wachsende Pflanzen brauchen gewisse Metalle in kleinen Mengen für ihr Wachstum und die Fortpflanzung. Cobalt, Zink, aber auch Kupfer gehören beispielsweise zur Gruppe der essentiellen, das heisst lebensnot-

wendigen Metallen. Steigt ihr Gehalt im Boden jedoch über einen gewissen Wert, so können sie für manche Organismen nachteilige Folgen haben: Böden mit hohen Kupferwerten können von vielen Bodenpilzen nicht besiedelt werden und sind zudem als Schafweide ungeeignet. Hohe Zinkgehalte lassen Pflanzen absterben. Metalle wie Quecksilber und Blei gelten als toxisch, da sie bereits in geringen Dosen giftig wirken können. Es sind bis heute keine Lebewesen bekannt, welche diese Metalle zum Leben brauchen.

Verschmutzungen des Bodens sind, im Gegensatz zu den Verschmutzungen von Luft und Wasser, ohne aufwändige Sanierungsmaßnahmen kaum reversibel. Einmal dem Boden zugeführte Schwermetalle können über Jahrhunderte ein Gefährdungspotential bilden.

Im Hoahrheintal, das u. a. Verkehrsader und im Westen Industriezentrum ist, sind die Schwermetallgehalte der Böden von besonderem Interesse. Im vorliegenden INTERREG II-Projekt wurden repräsentative Daten ausgewählter Schwermetalle von den zuständigen Behörden zusammengetragen.

##### Gesetzliche Regelungen und deren Anwendung

Die Gesetzgeber in Deutschland und der Schweiz haben Regelungen mit dem Ziel geschaffen, den Boden als Lebensgrundlage für Mensch, Tier und Pflanze vor schädlichen Auswirkungen durch Schadstoffe zu schützen. In der Schweiz heißt dieses Regelwerk "Verordnung über Belastungen des Bodens" (VBBo 1998). In Deutschland wurde hierzu das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) und die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999) erlassen. Auf Verordnungsebene sind für Schwermetalle unter anderem abgestufte Limiten (CH: Richt-, Prüf- und Sanierungswerte; D: Vorsorge-, Prüf-, und Maßnahmenwerte) festgelegt (siehe Tab. 4.12). Die Maßnahmen bei festgestellten Überschreitungen sind entsprechend abgestuft:

Bei Richt- bzw. Vorsorgewertüberschreitungen ermitteln die Überwachungsbehörden die Ursache der Belastung und überprüfen, ob die gesetzlich vorgeschriebenen Maßnahmen zur Ein-

Tab. 4.12: Grenzwerte für die Gesamtgehalte an Schwermetallen in mineralischen Oberböden nach Schweizer (VBBo 1998) und deutschem (BBodSchV 1999) Recht in mg/kg TS

		Blei	Cadmium	Kupfer	Quecksilber	Zink
<b>VBBo<sup>1)</sup></b>	Richtwert	50	0,8	40	0,5	150
	Prüfwert <sup>3)</sup>	300	10	-	-	-
	Sanierungswert <sup>4)</sup>	2000	30	1000	-	2000
<b>BBodSchV<sup>2)</sup></b>	Vorsorgewert	70	1	40	0,5	150
	Prüfwert <sup>5)</sup>	200	10	-	10	-
	Maßnahmenwert <sup>6)</sup>	1200	20	1300	2	-

1) Extraktionsverfahren: 2 molare Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>)

2) Extraktionsverfahren: Königswasser-Extrakt

3) Nutzungen mit möglicher direkter Bodenaufnahme

4) für Landwirtschaft und Gartenbau

5) Nutzung als Kinderspielfläche

6) für Grünlandnutzung

dämmung von Schadstoffquellen einen weiteren Anstieg der Gehalte verhindern können. Bei Bedarf können diese Maßnahmen gebietsweise verschärft werden. Beispielsweise kann die Ausbringung von problematischen Klärschlämmen eingestellt werden.

Sind die Prüfwerte überschritten, so klären die Behörden ab, ob sich eine konkrete Gefährdung für Schutzgüter ergibt. Trifft dies zu, so kann beispielsweise die Nutzung des betroffenen Bodens entsprechend eingeschränkt werden. Das kann bedeuten, dass auf einem Acker wegen der Cadmiumbelastung kein Wurzelgemüse mehr angebaut werden darf.

Beim Überschreiten von Sanierungs- bzw. Maßnahmenwerten werden konkrete Schritte wie z. B. ein Bodenabtrag notwendig. Werden etwa auf einem Kinderspielfeld Bleigehalte über diesen Werten festgestellt, so muss der Spielplatz so lange geschlossen bleiben, bis der Oberboden ausgetauscht oder gesichert wurde.

### Anwendung der Karte

Auf der Karte sind lokal repräsentative Schwermetallgehalte als Kreis- (CH) oder Polygonsektor (D) dargestellt. Der äußere, rote Kreis beziehungsweise die äußere Polygonlinie stellt den

Richtwert (CH) bzw. Vorsorgewert (D) dar, d. h. den jeweils niedrigsten Wert in den einschlägigen Verordnungen der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland. Sektoren, welche diese Linie überragen, zeigen eine Überschreitung an. Die grüne, innere Linie symbolisiert entsprechend den halben Richt- bzw. Vorsorgewert. Die Sektorfläche spiegelt proportional zum Richt- bzw. Vorsorgewert die Konzentration des jeweiligen Schwermetalls wider.

Die unterschiedliche Art der Darstellung in Kreis- bzw. Polygonsektoren reflektiert die landespezifischen Untersuchungsmethoden und Limiten. Während in der Schweiz zur Ermittlung der "Totalgehalte" verdünnte Salpetersäure als Extraktionsmittel benutzt wird, schreibt Deutschland die Verwendung des in seiner Wirkung stärkeren Königswassers (Gemisch aus konzentrierter Salz- und Salpetersäure) vor. Im Gegenzug sind die Limiten für die Gesamtgehalte in der Schweiz generell etwas tiefer, so dass die Einstufung nach beiden Systemen zu einem ähnlichen Resultat führt.

Die Angabe des Gesamtgehalts gibt zunächst nur Auskunft über die jeweilige Schwermetallkonzentration im Oberboden. Eine umfassende Beurteilung aber fußt auf den drei Punkten Ge-

---

samtgehalt, löslicher Gehalt und Bodenkenngrößen. Der lösliche Gehalt repräsentiert den im Boden mobilen und eventuell pflanzenverfügbaren Anteil des Schadstoffs. Die Bodenkenngrößen wie pH-Wert, Kationenaustauschkapazität und totaler organischer Kohlenstoffgehalt erlauben bei gegebenem Schadstoffgehalt eine Prognose über eine eventuelle Kontamination der auf dem Boden produzierten Nahrungsmittel und des Grundwassers.

### **Resultate und deren Interpretation**

Die vorliegende Karte im Maßstab 1 : 50 000 gibt zum ersten Mal einen überregionalen Überblick über den Bodenzustand hinsichtlich der Schwermetallgehalte Blei, Cadmium, Zink, Kupfer und Quecksilber der Böden für die besonders grundwasserrelevanten Zonen im Hochrheintal (innerer Projektperimeter). Die Vergleichbarkeit der Daten beiderseits der Ländergrenze als auch zwischen den Schweizer Kantonen ist insofern eingeschränkt, als bei der Wahl der beprobten Standorte unterschiedliche Ziele (z. B. Erstellen von Messnetzen oder Suche nach Belastungen) auf Landkreis- bzw. Kantonebene verfolgt wurden. Dennoch lassen sich die folgenden Aussagen aus der Karte ableiten.

Auffallend sind die vergleichsweise hohen Werte im Raum Basel im Westen des Untersuchungsgebiets. Hier zeigen rund dreiviertel aller Punkte Richtwert- bzw. Vorsorgewertüberschreitungen für Blei. Ursache dieser Bleibelastung ist hauptsächlich der motorisierte Verkehr, wo bis vor wenigen Jahren verbleites Benzin als Treibstoff verwendet wurde. Im Stadtgebiet Basel wurden so noch Mitte der achtziger Jahre jährlich mehrere Tonnen Blei emittiert. Hier zeigt sich der Unterschied zwischen urban geprägter Landschaft mit ihrem dichten Strassennetz und ländlichen Gebieten, wo im Normalfall erhöhte Bleiwerte im Boden nur entlang stark befahrener Verkehrswege gefunden werden. Zudem zeigen die Standorte in ehemaligen und aktuellen Überschwemmungszonen entlang des Flusses "Wiese" die durch den historischen Bergbau im Schwarzwald verursachten Schwermetallbelastungen. Die im Raum Basel gefundenen erhöhten Werte an Metallen sind im Übrigen mit den Werten anderer Großstädte

vergleichbar und somit nicht auf die hohe Dichte chemischer Produktionsstätten zurückzuführen.

Andere Gebiete mit erhöhten Schwermetallgehalten sind die Räume Rheinfelden (Baden) und Pratteln, wo sich ebenfalls städtische Einflüsse bemerkbar machen.

Im östlichen, ländlich geprägten Teil des Untersuchungsgebiets sind vereinzelt erhöhte Kupferwerte auf die Verwendung kupferhaltiger Biozide in der Landwirtschaft (z. B. Rebbau) zurückzuführen.

Bis auf die beschriebenen Gebiete stellt sich der Bodenzustand bzgl. der beschriebenen Schwermetalle im Hochrheintal aufgrund der vorliegenden Daten weitgehend positiv dar. Richt- bzw. Vorsorgewertüberschreitungen kommen im Grossteil des Gebietes nicht vor.

Wie steht es um eine eventuelle Grundwasser- und Nahrungspflanzenkontamination im Untersuchungsgebiet? Die Bodenkenngrößen wie Kationenaustauschkapazität, Humusgehalt und pH-Wert sind gerade im Raum Basel günstig. Das Blei ist aufgrund seiner chemischen Eigenschaften stark an Bodenpartikel gebunden und somit weder pflanzen- noch grundwasserverfügbar. Für dieses Schwermetall betragen sämtliche bestimmten löslichen Gehalte höchstens ein Prozent des dafür geltenden Richtwertes. Etwas anders sieht die Situation für Cadmium aus: Richtwertüberschreitungen für den Totalgehalt fallen im Untersuchungsgebiet zwar weit weniger spektakulär aus als bei Blei. Cadmium bindet sich jedoch nicht so gut an Bodenpartikel und kann daher leichter von Pflanzen aufgenommen werden. Die Darstellung der Gesamtgehalte zeigt folglich nur einen Teil der Fragestellung auf. Zusätzlich müssen noch andere Faktoren für die Beurteilung einer eventuell bestehenden Gefährdung hinzugezogen werden.

## 5 Schlussfolgerungen und Anwendung der Ergebnisse

### 5.1 Schlussfolgerungen

Das Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel wird durch Siedlungsflächen, Industrie, Energieerzeugung und Landwirtschaft seit langem intensiv beansprucht. Die Auswirkungen dieser Nutzungsformen auf Böden und Grundwasser wurden oft erst mit zeitlicher Verzögerung erkannt. Weitere große Nutzungsvorhaben sind geplant. Um deren Umweltrisiko abschätzen zu können, sind detaillierte Kenntnisse des Grundwasserleiters notwendig. Solche Grundlagen wurden bisher nur in beschränktem Maße systematisch erhoben. Weil darüber hinaus die Aufnahmen durch Kantons-, Landkreis- und insbesondere Landesgrenzen begrenzt waren, blieben diese Datensammlungen heterogen. Zudem lagen die Daten verstreut bei unterschiedlichen Amtsstellen, bei Ingenieurbüros, in den Archiven von Forschungsinstituten oder bei den Auftraggebern (z.B. Rheinkraftwerke, kommunale Wasserversorgungen) vor.

Mit der im vorliegenden INTERREG II-Projekt Zusammenführung und dem Abgleich der vorhandenen bodenkundlichen und hydrogeologischen Daten sowie deren Darstellung in Karten stehen bisher verschlossene Grundlagen nun allen Beteiligten direkt zur Verfügung. Der allgemeine Kenntnisstand zu Grundwasser und Böden wird damit erheblich erweitert. Neu besteht die Möglichkeit, mit einheitlicher, rasch verfügbarer Information Umweltauswirkungen zu beurteilen. Dies erleichtert die Zusammenarbeit über administrative Grenzen hinweg in entscheidenden Masse, was umso wichtiger ist, als im Hochrheintal Verbindungen des gemeinsam genutzten Grundwasserkörpers unter dem Rhein hindurch existieren.

Beim Zusammenführen geowissenschaftlicher Daten besteht grundsätzlich die Schwierigkeit, Aufnahmen in unterschiedlichem Maßstab und Differenzierung vergleichbar zu machen. Im vorliegenden Fall kommt erschwerend dazu, dass die topographischen Grundlagen in Deutschland und der Schweiz auf unterschiedlichen Koordinaten- und Höhensystemen beruhen.

Noch bevor bodenkundliche oder hydrogeologische Inhalte bearbeitet werden konnten, mussten einheitliche topographische Grundlagen geschaffen werden. Grundsätzlich wurden alle Bearbeitungsschritte in Schweizer Koordinaten durchgeführt und erst die digitalen Endprodukte wieder in das deutsche System transformiert.

Kernprodukt des INTERREG II-Projektes bilden die drei Datenbanken

- Boden-Flächendaten
- Boden-Punktdaten
- Hydrogeologie.

Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Benutzerfreundlichkeit der Datenbanken gelegt. Sie sollen auch von Personen ohne besondere Datenbankkenntnisse genutzt werden können. Die Datenbanken enthalten daher klar strukturierte Eingabemasken und definierte Algorithmen zur direkten Umrechnung von Rohdaten in die neu definierten projektspezifischen Klassen. Mit den gleichen Anforderungen wurden die Datenhaltung organisiert und dokumentiert.

Als Basisthemen für weitergehende Auswertungen wurden eine abgedeckte geologische Karte und eine Bodenkarte erstellt, beide im Maßstab 1 : 25 000. Sie sind die ersten grenzüberschreitend einheitlichen Karten dieser Art für das Hochrheintal. In der abgedeckten geologischen Karte wurden für die zeitliche Einstufung und petrographische Beschreibung (Chronostratigraphie, Lithostratigraphie) international einheitliche Begriffe verwendet. Zwischen Deutschland und der Schweiz mussten die unterschiedlichen Begriffe und die unterschiedliche Differenzierung von quartären Schichten abgeglichen werden. Schwieriger gestaltete sich die Erarbeitung einer einheitlichen Bodenkarte, da sich die deutsche und die schweizerische Bodenklassifikation aufgrund unterschiedlicher historischer Entwicklung im Ansatz deutlich unterscheiden. Mit der Erarbeitung einer eigenen, INTERREG-spezifischen Klassifikation wurden hier im wahrsten Sinne des Wortes Grenzen überschritten.

---

Die in der Datenbank enthaltenen Basisdaten und die daraus abgeleiteten, oben erwähnten Grundlagenkarten können in der Regel nur bedingt für die Bearbeitung praxisrelevanter Fragen herangezogen werden. Um diesen, aus der Erfahrung der Projektbeteiligten bekannten praktischen Fragestellungen gerecht zu werden, wurde zusätzlich eine Reihe von ausgewählten thematischen Karten erarbeitet. Diesen thematischen Karten lagen entweder anerkannte Bewertungsverfahren oder gemeinsame neue Aufnahmen (z.B. eine Stichtagsmessung) zugrunde. In diesem Projekt wurden also nicht „nur“ vorhandene Unterlagen zusammengestellt und vereinheitlicht, sondern auch neue Daten erhoben und gemeinsame Auswertungen durchgeführt.

Die Auswahl der Auswerte- und Bewertungsverfahren erforderten vielfältige Absprachen und Abgleichungen, ermöglichten aber auch, Erfahrungen mit bisher hier nicht angewandten Verfahren für den eigenen Zuständigkeitsbereich zu gewinnen. Auch hier erwiesen sich die Möglichkeiten der Geoinformatik als sehr hilfreich. Einzelne Themen (beispielsweise die Flurabstandskarte) konnten direkt mittels GIS aus vorhandenen Themen abgeleitet werden. Andere Themen (beispielsweise die Grundwassergleichen) wurden dagegen hauptsächlich manuell konstruiert, da dies umfangreiche Sachkenntnisse und Erfahrungen erfordert. Damit ergaben sich zwangsläufig vermehrt grundsätzliche fachliche Diskussionen über die plausible Interpretation der vorliegenden Daten.

Die Datendichte zur Konstruktion der Grundwassergleichen war im allgemeinen zwar groß, jedoch waren die Daten nicht gleichmäßig verteilt und deshalb nicht immer ausreichend, um den hydraulischen Zustand, beispielsweise im Bereich von Staustufen, eindeutig zu charakterisieren. So wurde bei den meisten Staustufen angenommen, dass die Oberflächengewässer und das Grundwasser miteinander hydraulisch in Verbindung stehen. Diese Annahme bestimmt den Verlauf der Grundwasserisohypsen ganz wesentlich. Für den Fall, dass im Bereich einer Staustufe detaillierte Kenntnisse erforderlich wären, müssten die konkreten hydraulischen Verhältnisse mit entsprechenden Messungen nachgewiesen werden. Eine Kolmation der

Flusssohle im Staubereich könnte beispielsweise zu einem abflussabhängigen In- oder Exfiltrationsverhalten führen und damit den Verlauf der Grundwasserisohypsen lokal wesentlich beeinflussen. Andere Abweichungen von den gängigen hydrogeologischen Karten betreffen die Grundwassermächtigkeiten. Diese wurden aufgrund von Stichtagsmessungen und der Aquiferbasis berechnet, jedoch ohne dabei Aussagen über die Grundwasserergiebigkeiten zu machen. Dadurch ergeben sich für einzelne Teilgebiete, z.B. in den Randgebieten des Rafzerfeldes Situationen, die einer vertieften hydrogeologischen Abklärung bedürfen. Eines weiteres dieser Gebiete liegt nördlich des Windlacherfeldes, etwas östlich von Herdern.

Der Dialog um Methoden und Darstellungen erwies sich als äußerst fruchtbar, denn es wurden für einzelne Abschnitte des Hochrheintals sogar neue Modellvorstellungen über die Grundwasserverhältnisse gewonnen.

## 5.2 Anwendung der Ergebnisse

Die Auswahl der thematischen Karten orientiert sich an der praktischen Erfahrung der Mitglieder und den Erfordernissen der wasserwirtschaftlichen Praxis. Die Flurabstandskarte kann konkret z.B. für die Beurteilung von Bauvorhaben oder von Landschaftseingriffen wie dem Kiesabbau eingesetzt werden. Die Karte der Grundwasseroberfläche und der Grundwassermächtigkeit besitzt große Bedeutung für Fragen bei Konzessionserneuerungen von Rheinkraftwerken, der Festsetzung von Wasserschutzgebieten, der Planung von neuen Grundwasserfassungen oder der Bewilligung von Anlagen zur Wärmegewinnung aus dem Grundwasser. Zusätzlich stellt sie ein unentbehrliches Hilfsmittel dar bei der Beurteilung von akuten Schadensfällen, ebenso bei der Schadens- oder Altlastensanierung. Die Karte zum vorsorgenden flächenbezogenen Grundwasserschutz dient als wichtige Orientierungshilfen für großräumige Planungen.

Aus den Bodenkarten kann über unterschiedliche Merkmale die Leistungsfähigkeit der Böden abgeleitet werden. Die Bodenkarten dienen somit als wichtige Entscheidungshilfe, um ökologisch besonders leistungsfähige Böden plane-

risch vor Versiegelung und Überbauung zu schützen. Die Karte der Filter- und Pufferkapazität beschreibt zusammen mit der Grundwasserneubildungskarte die eigentliche Grundwasserschutzfunktion des Bodens. Darüber hinaus lassen sich auch Hinweise auf dessen landwirtschaftliche Eignung aus den Bodenkarten ableiten. Böden mit geringem Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe stellen wegen der Gefahr der Nitratauswaschung sicherlich nicht die erwünschten Standorte für intensiven Ackerbau dar. Priorität hat hier eine Extensivierung der Nutzung im Sinne von ökologischen Ausgleichsflächen. Bei UVP-pflichtigen Großprojekten helfen die Karten mit bei einer Optimierung der Standortwahl aus der Sicht des Bodenschutzes. Für die Behandlung von Schadensfällen oder bei Altlastensanierungen ergänzen die Bodenkarten die bereits erwähnten Grundwasserkarten.

Neben diesen spezifischen Einsatzmöglichkeiten sind die INTERREG-Karten wichtige Grundlagen für die Raumplanung oder die Dokumentation des Ausgangszustandes bei UVP-pflichtigen Vorhaben.

### 5.3 Ausblick

Mit den vorliegenden Ergebnissen wurden wichtige Grundlagen zu den hydrogeologischen und bodenkundlichen Verhältnissen im Hochrheintal aufgearbeitet, aktualisiert und übersichtlich dargestellt. Böden und Grundwasserleiter wurden aufeinander abgestimmt bearbeitet. Ausgangspunkt für die Verknüpfung stellen die Grundwasserneubildungskarte und die Karte der Filter- und Pufferkapazität der Böden dar. Hinsichtlich einer Modellierung der Wechselwirkung zwischen der ungesättigten und der gesättigten Zone bleiben jedoch noch zahlreiche Fragen zu beantworten.

Auch der Aspekt der Grundwasserbeschaffenheit wird im vorliegenden Projekt nur gestreift. Eine Stichtagsbeprobung zur Untersuchung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers musste aus Gründen der beschränkten finanziellen, zeitlichen und personellen Kapazitäten bewusst ausgeschlossen bleiben. Neue Problemstoffe und Mikroorganismen erfordern spezifische Beprobungs- und Überwachungsstrategien.

Künftige grenzüberschreitende Beprobungen könnten auf der Basis der neu geschaffenen Unterlagen jedoch gezielter und effektiver durchgeführt werden. Damit ließen sich sowohl der Austausch zwischen Boden und Grundwasser, als auch der Austausch zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser methodisch umsetzen. In verschiedenen, insbesondere für die Wasserversorgung relevanten Gebieten, wäre in erster Priorität zu klären, welchen Anteil der durch den Boden versickernde Niederschlag im Vergleich zur Flusswasserinfiltration bei der Grundwasserneubildung ausmacht. Zu dieser Fragestellung können hydrochemische und isotopephysikalische Untersuchungen wichtige Erkenntnisse beitragen.

Schließlich diene der Überblick über das gesamte Hochrheintal auch dazu, Gebietsausschnitte zu identifizieren, in denen die Boden- und Grundwasserqualität gefährdet sind. Erwartungsgemäß liegen solche Problemgebiete am Rande des wachsenden Verdichtungsraums Basel-Lörrach-Rheinfelden. Hier sind weiterführende grenzüberschreitende Aufnahmen zur besseren Beurteilung der Belastungssituation notwendig. Detailuntersuchungen wären beispielsweise für die Ausschnitte Grenzach-Wyhlen-Birsfelden oder Bad Säckingen-Rheinfelden (CH – D) wünschenswert.

Die neue europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000) hat die Förderung einer nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen zum Ziel. Als Instrumente zur Erreichung dieses Ziels sind Flussgebietspläne vorgesehen. Neben dem Zustand der oberirdischen Gewässer soll dazu der qualitative und quantitative Zustand des Grundwassers sowie der Stand der Schutzgebietsausweisung erfasst werden. Die in vorliegenden Projekt zusammengestellten Daten und Unterlagen bilden eine wertvolle Grundlage für die Aufstellung dieser Flussgebietspläne und der damit verbundenen Maßnahmenprogramme. Die Ergebnisse und Produkte des Projekts sind Bausteine für die Umsetzung der EU-Richtlinie. Diese Umsetzungen werden sicherlich auch das EU-Nichtmitglied Schweiz tangieren. Insbesondere ist eine Anpassung und Harmonisierung der gesetzlichen Bestimmungen im Gewässerschutz anzustreben, beispielsweise eine einheitliche

---

Regelung zu den Schutzzonen für Grundwasserfassungen.

Die abschließende zentrale Frage im vorgestellten Projekt betrifft die Nutzung, Fortführung, Aktualisierung und Pflege des neu geschaffenen Datenbestandes. Kann die Datenbank über das Ende des Projektes hinaus nicht unterhalten und aktualisiert werden, wird sie in kurzer Zeit nicht mehr aktuell sein. Eine Fortführung der Datenbank liegt daher im Interesse aller Projektpartner. Einzelne Landkreise und Kantone besaßen bereits vor dem INTERREG II-Projekt eigene Lösungen zur Verwaltung der bodenkundlichen und hydrogeologischen Grundlagendaten. Ein paralleler Unterhalt verschiedener Datenbanken zum gleichen Sachverhalt ist aufwändig. Der im INTERREG-Projekt zusammengeführte Datenbestand ist in der Regel erheblich detaillierter und umfangreicher und somit auch informativer als die in den bisherigen Systemen gehaltenen Datenbestände. Eine völlige Aufgabe bestehender Datenbanken zugunsten der neuentwickelten INTERREG-Datenbank ist andererseits jedoch weder beabsichtigt noch realistisch, denn das

INTERREG-Projektgebiet überdeckt meist nur einen relativ kleinen Teil der jeweiligen Kantons- bzw. Landkreisfläche.

Nach Abschluss des Projektes ist für jeden Einzelfall zu prüfen, wie weit Teile der neu entwickelten INTERREG-Datenbank in bestehende Datenverwaltungsstrukturen übernommen werden können. Technisch zu lösen wäre dies durch Listen in vorgegebenen Formaten, welche direkt zwischen Datenbanken übertragbar sind. Auf deutscher Seite wäre dies beispielsweise eine Rückführung der ergänzten Daten in das Informationssystem Wasser, Abfall, Altlasten, Boden (WAABIS) der Umweltbehörden in Baden-Württemberg. Dadurch würde das WAABIS für das Hochrheintal einen deutlichen Zugewinn an Informationen zum Grundwasser- und Bodenschutz erhalten. Die Klärung weiterer Möglichkeiten zur Nutzung und Pflege der im Projekt erarbeiteten Datenbestände wird somit die nächste Aufgabe einer künftigen Zusammenarbeit der INTERREG-Projektgruppe sein.

## 6 Literatur & Links

### Literatur

- AD HOC AG Hydrogeologie (1997): Hydrogeologische Kartieranleitung. - Geol. Jb. G2: 3-157, 15 Abb., 6 Tab., 10 Anl.; Hannover.
- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.
- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 3. Aufl., 331 S., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich [Hrsg.] (1998): Grundwasserkarte des Kantons Zürich 1:25'000, Blatt Eglisau.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich [Hrsg.] (1983): Grundwasserkarte des Kantons Zürich 1 : 25 000, Blatt Andelfingen.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich [Hrsg.] (1983): Grundwasserkarte des Kantons Zürich 1 : 25 000, Blatt Diessenhofen.
- Baudepartement des Kanton Aargau, Abteilung Umweltschutz [Hrsg.] (1996): Kanton Aargau Grundwasserkarte 1 : 25 000, Blatt Rheinfelden.
- Baudepartement des Kanton Aargau, Abteilung Umweltschutz [Hrsg.] (1996): Kanton Aargau Grundwasserkarte 1 : 25 000, Blatt Laufenburg.
- Baudepartement des Kanton Aargau, Abteilung Umweltschutz [Hrsg.] (1982): Kanton Aargau Grundwasserkarte 1 : 25 000, Blatt Frick.
- Baudepartement des Kanton Aargau, Abteilung Umweltschutz [Hrsg.] (1995): Kanton Aargau Grundwasserkarte 1 : 25 000, Blatt Zurzach.
- BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens vom 17.03.1998. - Bundesgesetzblatt 1998 Nr. 16, S. 502-510, Bonn.
- BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12.07.1999. - Bundesgesetzblatt 1999, Nr. 36, S. 1554-1582, Bonn.
- BLUME, H.-P. [Hrsg.] (1990): Handbuch des Bodenschutzes. - 686 S., zahlr. Abb. u. Tab., 15 Taf.; Landsberg / Lech (ecomed).
- BOLL, M. & RILLING, K. (1998): Blatt 8315 Waldshut-Tiengen - Karte und Tabellarische Erläuterung. - Bodenkt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 45 S., 1 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (Geol. Landesamt Baden-Württ.).
- BOLL, M. & RILLING, K. (2000): Blatt 8411 Weil am Rhein/8412 Rheinfelden (Baden). - Bodenkt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 1 Kt.; Freiburg i. Br., (Landesamt Geol., Rohst. Bergb. Baden-Württ.).

- 
- BOLSENKÖTTER, H., BUSSE, R., DIEDERICH, C., HÖLTING, B., HOHBERGER, K., REGENHARDT, H., SCHLOZ, W., VILLINGER, E. UND WERNER, J. (1984): Hydrogeologische Kriterien bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen. - Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft **36**: 3-34, 5 Abb., 6 Anl.; Hannover.
- Deutsch-Schweizerische Raumordnungskommission (1987): Kurze Erläuterungen und Karte der hydrogeologischen Zusammenhänge im Hochrheintal zwischen Basel und Bodensee 1 : 50 000; Bearbeitung: Kantonsgeologe BS und Geologisches Institut Universität Basel; Regionalverband Hochrhein-Bodensee, Waldshut-Tiengen.
- Deutscher Wetterdienst (2000): Hydrometeorologische Bewertung der Niederschlags- und Verdunstungshöhen im Gebiet des Hochrhein (deutscher Teil). - Amtl. Gutachten: 9 S., 1 Abb., 7 Tab.; Berlin.
- DVGW-Regelwerk (1995): Arbeitsblatt W 101, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, Teil 1, Schutzgebiete für Grundwasser; Eschborn.
- Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz an der ETH Zürich (1967): Bericht über die Ursachen der Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers im Pumpwerk Hard seit 1950; Gemeinde Birsfelden.
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz (1988): Bodenkarte mit Erläuterungen 1 : 25 000, Blatt 1050 Zurzach; Zürich.
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz (1992): Bodenkarte mit Erläuterungen 1 : 25 000, Blatt 1079 Laufenburg; Zürich.
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz (1993): Bodenkarte mit Erläuterungen 1 : 25 000, Blatt 1048 Rheinfelden; Zürich.
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich (1993): Waldbodenkarte 1 : 5 000; Zürich, unveröffentlicht.
- Eidgenössische Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich (1996/97): Landwirtschaftliche Bodenkarte 1 : 5 000; Zürich.
- Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz (1997): Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden; Zürich.
- EGLI, M., ACHERMANN, M., DENOTH, F., HEROT, S. & HÄFLINGER, S. (1998): Oberflächliche Abschwemmung und Versickerung von (Nähr)stoffen: ein neuer Ansatz. - Bulletin BGS, **22**: 37-40; Zürich.
- Europäische Gemeinschaft (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 EG, L 327, 43. Jahrg., 22.12.2000, S.1-73, Luxemburg.
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) und Bodenkunde Baden-Württemberg. - Informationen, **5**: 68 S., 1 Abb., 1 Tab.; Freiburg i. Br.
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1991): Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg; Informationen, **2**: Seite 5-21, Freiburg i. Br.

- Geologisches Landesamts Baden-Württemberg (1996): Dokumentation zur Kennwertermittlung. - 61 S.; Freiburg i. Br. - [Mskr.]
- GRAF, H. R. (im Druck): Stratigraphie von Mittel- und Oberpleistozän in der Nordschweiz – Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz.
- KEMPF, TH., FREIMOSER, M., HALDIMANN, P., LONGO, V., MÜLLER, E., SCHINDLER, C., STYGER, G. & WYSSLING, L. (1986): Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich, Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25'000; Schweizerische Geotechnische Kommission.
- Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd. - Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt REKLIP (Hrsg.) (1995).
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (1999): Aufschlussbeschreibungen in der Aufschlussdatenbank.- Anwendung geowissenschaftlicher Informationssysteme, LGRB Informationen 11: 14 - 18, 1 Abb.; Freiburg i. Br.
- NOACK, TH. (1996): Geologische Datenbank der Region Basel - Konzept und Anwendungen.- Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik 133: 1-6.
- Regionalverband Hochrhein-Bodensee (1998): Regionalplan 2000; Waldshut-Tiengen.
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K. H. & SCHWERTMANN, U. (1998) u. Mitarbeit von AUERSWALD, K., BEYER, L., FISCHER, W. R. KÖGEL-KNABNER, I., RENGER, M. & STREBEL, O.: Lehrbuch der Bodenkunde. - 14. Aufl., 494 S., 248 Abb., 100 Tab., 1 Taf.; Stuttgart (Enke).
- SCHLENKER, G. & MÜLLER, S. (1975) unt. Mitarb. von DIETRICH, H., HAUFF, R. u. a.: Erläuterungen zur Karte der Regionalen Gliederung von Baden-Württemberg, Teil II (Wuchsgebiet Südwestdeutsches Alpenvorland). - Mitt. Ver. forstl. Standortskde. Forstpflanzenzücht., **24**: 3–37, Stuttgart.
- SCHLENKER, G. & MÜLLER, S. (1986) unt. Mitarb. von MÜHLHÄUSSER, G., HÜBNER, W. u. a.: Erläuterungen zur Karte der Regionalen Gliederung von Baden-Württemberg, Teil IV (Wuchsgebiet Baar-Wutach). - Mitt. Ver. forstl. Standortskde. Forstpflanzenzücht., **32**: 3–42, 8 Abb., 16 Tab.; Stuttgart.
- SPOTKE, I. (2001): Räumliche Modellierung von Horst und Grabenstrukturen im Tafeljura mit GOCAD, Diplomarbeit Universität Freiburg im Breisgau/Universität Basel, unveröffentlicht.
- Umweltministerium Baden-Württemberg [Hrsg.] (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. - Luft, Boden, Abfall, **31**: 34 S.; Stuttgart.
- Umweltministerium Baden-Württemberg (1992): Hydrogeologische Karte von Baden Württemberg Klettgau.- 93 S., 28 Abb., 14 Tab., 11 Karten; Freiburg i. Br.
- VBBo (1998): Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1.7.1998. - Verordnungen d. Schweizerischen Bundesrates, 11 S.; SR 814.12, Bern.
- Volkswirtschafts- und Sanitätsdirektion Kanton Basellandschaft, Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain (1994-99): Bodenkarte Kanton Basellandschaft und Bodenkarte Basel-Stadt 1 : 5 000; Liestal.

---

ZAHNO, B., ergänzt durch MOSER, H.-R. (1995): Die mittleren Niederschlagsmengen in der Region Basel - Messperiode 1961 bis 1990 . - 8 S., 2 Tab., 1 Karte, Lufthygieneamt beider Basel; Basel.

### **Berichte**

BBL Baulaboratorium (1982): Grundwasserbeobachtung Talsohle Birsigtal Heuwaage-Barfusserplatz, 1. Bericht; Gewässerschutzamt Basel-Stadt.

Dr. Heinrich Jäckli AG Baden (1997): Kiesabbau Chatzewadel Zeiningen/AG, Umweltverträglichkeitsbericht Teilbereich Grundwasser und Altlasten.

Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG Zürich (1987): Neubau Kraftwerk Rheinfelden, UVP Bericht; Kraftübertragungswerke Rheinfelden Aktiengesellschaft.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1992): Hydrogeologisches Gutachten für das WSG Brunnen V in Obersäckingen; 10.09.1992; Landratsamt Waldshut.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1991): Hydrogeologisches Gutachten für das WSG Tiefbrunnen Nagelfluh I und II und TB Wallbach; 07.08.1991; Landratsamt Waldshut.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1990): Hydrogeologisches Gutachten für das WSG „TB Obere Au“; 16.05.1990/14.11.1990; Landratsamt Waldshut.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1990): Hydrogeologisches Gutachten für das WSG „Dorfzelg I und II Laufenburg-Stadenhausen; 02.02.1990; Landratsamt Waldshut.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1994): Hydrogeologisches Gutachten für das WSG „TB Oberholz“ in Jestetten-Altenburg; 23.11.1994; Landratsamt Waldshut.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1992): Hydrogeologisches Gutachten für das WSG „TB Hardt“ Lottstetten; 27.03.1992; Landratsamt Waldshut.

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel, Abteilung Angewandte und Umweltgeologie (1992): Genereller Entwässerungsplan (GEP), Versickerungsplan mit Erläuterungen; Gemeinde Birsfelden.

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel, Abteilung Angewandte und Umweltgeologie und Aegerter & Bosshardt Basel (2001): N2 Nordtangente, Grundwasserüberwachung, Erfolgskontrolle; Baudepartement Basel-Stadt, Tiefbauamt.

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel, Abt. Angewandte und Umweltgeologie (2001): Grundwasserüberwachung NT, Abschnitt 3 (Grossbasel), Stand November 2000; Baudepartement Basel-Stadt, Tiefbauamt.

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel, Abt. Angewandte und Umweltgeologie (2000): Lange Erlen, Grundwassermodellierung, Mittel-, Hoch- und Niedrigwasserstand; Industrielle Werke Basel.

Geologisches Institut Dr. Schmassmann AG (1990): Hydrogeologische Synthese des Rheintals zwischen Ergolz und Birs; Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft.

Ingenieurgesellschaft Kiefer & Studer AG / TK Consult AG / GPI (2000): Aktualisierung des Grundwassermodells Basel-Stadt; Amt für Umwelt und Energie, Baudepartement Kanton Basel-Stadt.

Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft ETH (1991): Grundwassernutzung Weiacher-Hard, Mathematisches Grundwassermodell; Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (2001): Hydrogeologisches Folgegutachten für die Tiefbrunnen I und II Nagelfluh; 23.04.2001; Landratsamt Waldshut.

matousek, baumann & niggli AG (1999): INTERREG-II-Projekt „Grundwasserleiter Hochrhein“. Bemerkungen zur Datenerhebung in den Kantonen Aargau, Schaffhausen, Zürich. Bericht Nr. W 954 B, 1-13.

Regionalverband Hochrhein-Bodensee (2000): Bericht zum INTERREG II-Projekt „Grundlagen für die Raumkonzeption im Deutsch-Österreich-Schweizerischen Grenzraum“; Waldshut-Tiengen.

Regionalverband Hochrhein-Bodensee und Kanton Aargau, Baudepartement (1996): „Das Strukturmodell Hochrhein“; Waldshut-Tiengen und Aarau.

SIMULTEC (1989): Nachtrag zum Ergänzungsbericht 3D Grundwassermodell Schweizer Seite; Vereinigte Schweizerische Rheinsalinen.

TK Consult AG und Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel (1997): Grundwassermodell Hardwald, Modellaufbau und Kalibrierung; Kanton Basel-Landschaft.

Übersichtslängsschnitt zum Ausbau des Rheins Basel-Bodensee 1:100'000/500, Stand März 1973 vom Regierungspräsidium Freiburg, Abt. VI-Wasserstraßen.

Weber-Ingenieure GmbH (1999): INTERREG II-Projekt – „Erkundung der Grundwasserleiter und Böden im Hochrheintal“ Erläuterungsbericht zur Erhebung von hydrogeologisch relevanten Daten, 1-4.

Zweckverband Klettgauwasserversorgung (1998): INTERREG II-Projekt „Entwicklungskonzeption Klettgaurinne“, Klettgau.

### Links

Homepage Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel  
<http://www.unibas.ch/earth>

Homepage Kanton Aargau Abteilung Umweltschutz, Bohrinformationen  
[http://www.ag.ch/umweltschutz/pages/bohrinfo\\_abfrage.htm](http://www.ag.ch/umweltschutz/pages/bohrinfo_abfrage.htm)

Homepage Kanton Basel-Landschaft, Amt für Umweltschutz und Energie  
<http://www.bl.ch>

Homepage Kantonales Laboratorium Basel-Stadt  
<http://www.kantonslabor-bs.ch>

Homepage Kanton Basel-Stadt, Amt für Umweltschutz und Energie  
<http://www.aue-bs.ch>

---

Homepage Kanton Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz  
<http://www.fabo.zh.ch>

Homepage Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abt. Wasserwirtschaft  
<http://www.wasserwirtschaft.zh.ch>

Homepage Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg  
<http://www.lgrb.uni-freiburg.de>

Homepage Landratsamt Lörrach  
<http://www.loerrach-landkreis.de>

Homepage Landratsamt Waldshut  
<http://www.landkreis-waldshut.de>

Projekt-Homepage  
<http://www.grundwasserleiter-hochrhein.de>

Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1.7.1998. - Verordnungen d. Schweizerischen Bundesrates,  
[http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_12.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_12.html)

## 7 Anhang

Profilbeschreibung und Analysedaten der im Kap. 4.4.1 abgebildeten Böden (s. Abb. 4.15 und 4.16)  
Quelle: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

**Blatt 8411 Weil am Rhein/8412 Rheinfeldern (Baden)**

**Profil-Nr. 1**

<b>Lessivierte Auenbraunerde</b> aus Auenlehm über Terrassenschotter	
<b>Verbreitung</b>	Ausgedehnte Auenterrasse im Hochrheintal
<b>Vergesellschaftung</b>	daneben Auenbraunerde; auf flachen Rücken Auenpararendzina aus geringmächtigem Auensediment über Terrassenschotter
<b>Lage und Aufnahmezeit</b>	
Ort:	Grenzach-Wyhlen, "Lange Längen" (R: <sup>34</sup> 01 950, H: <sup>52</sup> 67 170)
Höhe:	266 m NN
Aufnahmedatum:	04.06.1996
<b>Klima</b>	
Mittl. Jahresniederschlag:	921 mm (Rheinfeldern (Baden), 286 m NN)
Mittl. Jahrestemperatur:	9,8 ° (Rheinfeldern (Baden), 286 m NN)
Wärmestufe nach ELLENBERG:	sehr warm (III)
<b>Georelief</b>	
Reliefformtyp:	Verebnung
Lage:	-
Neigung und Exposition:	eben
<b>Bodenwasserverhältnisse</b>	hohe nutzbare Feldkapazität; vertikale Sickerwasserbewegung
<b>Nutzung</b>	Grünland
<b>Flächenkennzeichnung der Bodenschätzung</b>	(SL3AI)

<b>Profilkennzeichnung</b>		
Bodengenetische Einheit:	lessivierte Auenbraunerde	
Substratabfolge:	stark lehmiger Sand (bis 42 cm u. Fl.) auf mittel sandigem Lehm (bis 105 cm u. Fl.) und schwach schluffigem Sand (bis 120 cm u. Fl.), insgesamt sehr schwach kieshaltig über kiesig-sandigem Geröll	
Ausgangsgestein:	Auenlehm über Rheinschottern	
<b>Profilaufbau</b>		
rAp	0 - 28 cm	stark lehmiger Sand, sehr schwach kieshaltig, dunkelgrau-braun (10YR 4/2), mittel humos, schwach karbonathaltig, Subpolyedergefüge, mittel durchwurzelt, schwach feucht
Al-M	- 42 cm	stark lehmiger Sand, sehr schwach kieshaltig, graubraun (10YR 4/3), schwach humos, Subpolyedergefüge, schwach karbonathaltig, schwach durchwurzelt, einzelne Ziegelbruchstücke, schwach feucht
M-Bvt	- 80 cm	mittel sandiger Lehm, sehr schwach kieshaltig, gräulich-braun (10YR 4/3), sehr schwach humos, schwach karbonathaltig, mittel verfestigtes Kohärentgefüge, feucht
M-Btv	- 105 cm	mittel sandiger Lehm, sehr schwach kieshaltig, hellgräulichbraun (10YR 4/4), sehr schwach humos, schwach karbonathaltig, mittel verfestigtes Kohärentgefüge, feucht
II rGo-IC	- 120 cm	schwach schluffiger Sand (lagenweise feinsandiger Schluff), sehr schwach kieshaltig, gelblichbraun (2.5Y 5/3), Rostflecken, karbonatreich, schwach verfestigtes Einzelkorngefüge, feucht
III rGo-ICc	- 130 cm	Geröll, kiesig, mit sandigem Zwischenmittel, gelblichgrau-braun (2.5Y 5/3), wenige Rostflecken, karbonatreich, Kalkausfällungen auf den Unterseiten der Grobkomponenten, schwach feucht

## Bodenchemische Analysendaten

Hori- zont	Entnahme- tiefe (cm)	pH- Wert (CaCl <sub>2</sub> )	Kar- bonat (mg/g)	Organische Substanz			Nährstoffe (mg/100g)		
				C <sub>org</sub> (mg/g)	N <sub>t</sub> (mg/g)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (CAL)	K <sub>2</sub> O (CAL)	Mg (CaCl <sub>2</sub> )
rAp	0 - 28	6,8	0	12,2	1,2	10	8	16	10
Al-M	28 - 42	6,9	0	5,2	0,6	9	2	8	10
M-Bvt	42 - 80	6,8	0	3,5	0,4	9	1	4	11
M-Btv	80 - 105	7,1	0	2,3	0,3	8	1	3	12
II rGo-IC	105 - 120	7,6	263	1,2	0,8	-	1	1	4

Hori- zont	Ent- nahme- tiefe (cm)	Sorptionsverhältnisse (mmol/z/kg)							
		H	Al	Fe	Mn	Ca	Mg	K	Na
rAp	0 - 28	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	120,3	10,5	2,7	1,1
Al-M	28 - 42	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	111,0	10,2	0,7	0,1
M-Bvt	42 - 80	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	143,1	10,9	1,0	0,6
M-Btv	80 - 105	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	137,8	12,2	<0,1	<0,1
II rGo-IC	105 - 120	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	47,9	3,0	<0,1	<0,1

<b>Tief entwickelte Parabraunerde</b> aus Niederterrassenschotter	
<b>Verbreitung</b>	Niederterrasse im Hochrheintal
<b>Vergesellschaftung</b>	vereinzelt Braunerde aus kiesreichem lehmigem Sand sowie mittel bis mäßig tief entwickelte Parabraunerde
<b>Lage und Aufnahmezeit</b>	
Ort:	“Emmerich”, südwestlich von Kadelburg-Ettikon (R: <sup>34</sup> 44 720, H: <sup>54</sup> 75 270)
Höhe:	333 m NN
Aufnahmedatum:	03.04.1996
<b>Klima</b>	
Mittl. Jahresniederschlag:	1040 mm (Waldshut, 340 m NN)
Mittl. Jahrestemperatur:	9,3 ° (Waldshut, 340 m NN)
Wärmestufe nach ELLENBERG:	warm (IV)
<b>Georelief</b>	
Reliefformtyp:	ebener, plateauförmiger Scheitelbereich
Lage:	-
Neigung und Exposition:	eben
<b>Bodenwasserverhältnisse</b>	mittlere nutzbare Feldkapazität; vertikale Sickerwasserbewegung
<b>Nutzung</b>	Mischwald
<b>Flächenkennzeichnung der forstlichen Standortkartierung</b>	
(Einzel-)Wuchsbezirk:	Klettgau
Standortseinheit:	mäßig trockener Kiesboden

## Profilkennzeichnung

Bodengenetische Einheit:	tief entwickelte Parabraunerde
Substratabfolge:	mittel kiesiger, schwach geröllhaltiger, stark lehmiger Sand (bis 30 cm u. Fl.) sowie stark sandiger Lehm (bis 41 cm u. Fl.), über stark kiesigem, sandig-tonigem Lehm (bis 78 cm u. Fl.) und tonigem Sand (bis 110 cm u. Fl.) auf Kies mit schluffig-sandigem Zwischenmittel
Ausgangsgestein:	Decklage über Niederterrassenschotter
Waldhumusform:	Mull

## Profilaufbau

L		Blatt- und Kiefernadelstreu
Ah	0 -12 cm	mittel kiesiger, schwach geröllhaltiger, stark lehmiger Sand, dunkelgraubraun (10 YR 3/3), mittel humos, Subpolyedergefüge, feucht
Ah-Al	- 30 cm	mittel kiesiger, schwach geröllhaltiger, stark lehmiger Sand, graubraun (10 YR 3/4), humos, Subpolyedergefüge, feucht
Al	- 41 cm	mittel kiesiger, schwach geröllhaltiger, stark sandiger Lehm, gelblichbraun (10 YR 10 4/4), schwach humos, Subpolyedergefüge, feucht
II Bt	- 78 cm	sandig-toniger Lehm, sehr hoher Kies- und Geröllgehalt, rötlichbraun (7.5 YR 4/3), Subpolyedergefüge, feucht
Bvt	-110cm	mittel toniger Sand, sehr hoher Kies- und Geröllgehalt, rötlichbraun (7.5 YR 3/4), Subpolyedergefüge, feucht, Untergrenze stark schwankend
ICc	-130 cm	Kies und Geröll mit schluffig-sandigem Zwischenmittel, karbonatreich, Kalkausfällungen auf den Unterseiten der Grobkomponenten, Einzelkorngefüge, schwach feucht

**Bodenchemische Analysendaten**

Hori- zont	Entnahmetiefe (cm)			pH-Wert (CaCl <sub>2</sub> )	Karbonat (mg/g)	Organische Substanz			Nährstoffe (mg/100g)		
						C <sub>org</sub> (mg/g)	N <sub>t</sub> (mg/g)	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (CAL)	K <sub>2</sub> O (CAL)	Mg (CaCl <sub>2</sub> )
Ah	0	-	12	3,9	n. b.	23,8	1,8	13	1	6	7
Ah-Al	12	-	30	4,1	n. b.	13,10	1,2	12	1	3	5
Al	30	-	41	3,8	n. b.	9,3	0,8	12	1	2	4
II Bt	41	-	78	4,1	n. b.	n. b.	n. b.	-	1	5	11
Bvt	78	-	110	4,1	n. b.	n. b.	n. b.	-	1	3	17
ICc	110	-	130	7,4	391	n. b.	n. b.	-	n. b.	n. b.	n. b.

Hori- zont	Entnahmetiefe (cm)			Schwermetalle (mg/kg)							
				Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	Tl
Ah	0	-	12	14	<0,10	24	7	14	0,10	27	0,17
Ah-Al	12	-	30	12	<0,10	25	7	14	0,08	28	0,11
Al	30	-	41	11	<0,10	26	7	15	0,05	26	0,12
II Bt	41	-	78	14	<0,10	43	12	28	0,05	39	0,16
Bvt	78	-	110	11	<0,10	45	12	30	0,04	36	0,18
ICc	110	-	130	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

## Bodenphysikalische Analysendaten

Horizont	Entnahmetiefe	Korngrößenverteilung der Feinerde <2 mm (Gew.-%)							Grob-boden
		Ton	Schluff			Sand			
		T	fU	mU	gU	fS	mS	gS	
Ah	0 - 12	15,8	6,6	8,2	15,7	29,1	19,9	4,7	36
Ah-Al	12 - 30	17,0	6,1	8,0	15,8	26,5	22,4	4,2	37
Al	30 - 41	18,5	5,6	8,9	15,2	24,9	22,0	4,9	35
II Bt	41 - 78	28,9	5,3	5,9	10,0	18,2	23,4	8,3	59
Bvt	78 - 110	19,2	3,3	4,3	6,1	11,9	48,2	7,0	63
ICc	110 - 130	2,2	1,0	3,2	10,4	12,9	50,4	19,9	77