



## **INTERREG IV A 2008-2012**

**Länderübergreifendes  
Wasserversorgungskonzept  
Südpfalz/Nordelsass  
2008 - 2030**

**Gestion transfrontalière  
de l'approvisionnement  
en eau potable  
dans le Palatinat du Sud  
et en Alsace du Nord 2008 - 2030**



Stadt Bad Bergzabern



Verbandsgemeinde  
Stadt Bad Bergzabern



Stadt Wissembourg

Syndicat Mixte



# **Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008 - 2030**

## **Gestion transfrontalière de l'approvisionnement en eau potable dans le Palatinat du Sud et en Alsace du Nord 2008 - 2030**



Stadt Bad Bergzabern



Verbandsgemeinde  
Stadt Bad Bergzabern



Stadt Wissembourg  
Syndicat Mixte



RheinlandPfalz  
STRUKTUR- UND  
GENEHMIGUNGSDIREKTION  
SÜD



RheinlandPfalz  
LANDESAMT FÜR UMWELT,  
WASSERWIRTSCHAFT UND  
GEWERBEAUFSICHT



RheinlandPfalz  
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE  
UND BERGBAU



BRGM  
Institut pour une Terre durable

INGENIEURBÜRO DILGER  
BERATENDE INGENIEURE FÜR BAUWESEN

# Inhaltsverzeichnis

## Sommaire

(kompletter Bericht auch  
auf beiliegender CD)

(rapport complet  
sur CD joint)

### IMPRESSUM

**Herausgeber:** Grenzüberschreitender örtlicher Zweckverband „Wissembourg – Bad Bergzabern“, vertreten durch Verbandsgemeinde Bad Bergzabern Ville de Wissembourg

**Herausgabedatum:** Februar 2012

**Redaktionelle Bearbeitung:** BRGM, Service Géologique Régional Alsace, Lingolsheim  
Ingenieurbüro Dilger GmbH, Dahn

Landesamt für Geologie und Bergbau, Mainz

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Mainz  
Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Neustadt a. d. Weinstraße

**Mitglieder der Arbeitsgruppe:** O. Burkhart, B. Iffrig, Dr. T. Kärcher, M. Engelhard, W. Müller, U. Rehm, A. Reinwalt, W. Schwebler, S. Urban, H. Wechner

**Beiträge zur Bearbeitung von:** C. Müller, B. Dewandel, V. Hamm, W. Kloppmann, A. Reinwalt, S. Schomburgk, J. Tesch, A. Voutta, R. Zimmermann

**Grafik und Satz:** I. Caraës

**Druck:**

**Bezug über:** Verbandsgemeinde Bad Bergzabern – Königstrasse 61 – D-76887 Bad Bergzabern  
Ville de Wissembourg-Services techniques – 2A Rue de l'Ordre Teutonique F-67160 Wissembourg

**Schutzgebühr:** Dieser Bericht ist gedruckt für 18,- € oder als CD für 5,- € zu beziehen

**Auflage:** 100 Berichte gedruckt (mit Anlagen auf CD) 20 CD (Berichtstext und Anlagen)

**Bildnachweis:** Titelfoto (Fly-Foto) von Werner Riehm, Kandel  
Fotos im Bericht von den LAG-Mitgliedern bereitgestellt

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Herausgeber unter Quellenangabe gestattet

### MENTIONS LEGALES

**Publication:** Grenzüberschreitender örtlicher Zweckverband „Wissembourg – Bad Bergzabern“, représentée par Verbandsgemeinde Bad Bergzabern Ville de Wissembourg

**Date de publication:** Février 2012

**Edition / rédaction:**

**Membres du groupe de travail:** O. Burkhart, B. Iffrig, Dr. T. Kärcher, M. Engelhard, W. Müller, U. Rehm, A. Reinwalt, W. Schwebler, S. Urban, H. Wechner

**Avec des contributions de:** C. Müller, B. Dewandel, V. Hamm, W. Kloppmann, A. Reinwalt, S. Schomburgk, J. Tesch, A. Voutta, R. Zimmermann

**Conception et réalisation:** I. Caraës

**Impression:**

**Distribué par:** Verbandsgemeinde Bad Bergzabern – Königstrasse 61 – D-76887 Bad Bergzabern  
Ville de Wissembourg-Services techniques – 2A Rue de l'Ordre Teutonique F-67160 Wissembourg

**Contribution symbolique:** Ce rapport est disponible en version imprimée pour 18 €  
ou pour 5 € sur support CD

**Tirage:** 100 rapports imprimés (avec annexes sur CD) 20 CD (texte du rapport et annexes)

**Crédit photos:** Image de couverture (Photo aérienne) de Werner Riehm, Kandel  
Photos dans le rapport fournies par les membres du LAG

Toute reproduction, même partielle, nécessite l'accord des directeurs de la publication et implique l'indication de la source.

© Wissembourg/ Bad Bergzabern, 2012

### Vorworte/Avant-propos .....

8

### Einleitung/Introduction .....

12

### Rückblick/Rétrospective .....

15

Bienwaldstudie 1999/2001 .....

16

Etude des ressources en eau de la forêt du Bienwald 1999/2001

1. Aufbau und Betrieb der Verbundwasserversorgung  
“Grenzüberschreitender örtlicher Zweckverband Wissembourg – Bad Bergzabern” (2001) .....

18

Structure et fonctionnement de la gestion transfrontalière de l'approvisionnement en eau « Groupement local de coopération transfrontalière Wissembourg – Bad Bergzabern » (2001)

1.3 Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm .....

21

Résultats du suivi de la nappe

### Veranlassung für das Projekt INTERREG IV A .....

26

### Motivation pour le projet INTERREG IV A .....

26

2.1 Neue Fragen, das Projekt entsteht .....

26

Nouvelles questions, genèse du projet

2.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung .....

28

Contexte et objectifs

2.3 Untersuchungsumfang und Zeitplan .....

32

Etendue de l'étude et calendrier

### Neue Erkenntnisse zur Geologie und Hydrogeologie .....

33

#### Connaissances nouvelles sur la géologie et l'hydrogéologie .....

3.1 Bohrprogramm .....

37

Programme de forage

3.2 Hydrogeologischer Untergrundaufbau .....

38

Structure hydrogéologique du sous-sol

3.3 3D-Untergrundmodell .....

43

Modèle de sous-sol 3D

### Neue Erkenntnisse zur Hydrologie .....

52

#### Connaissances nouvelles sur l'hydrologie .....

4.1 Grundwasserverhältnisse .....

52

Conditions hydrodynamiques

4.2 Pumpversuche im MGWL am Brunnen VII Steinfeld .....

54

Pompages d'essai dans l'aquifère médian au niveau du puits VII Steinfeld

<b>5.</b>	<b>Neue Erkenntnisse zur Hydrochemie .....</b>	61	<b>7.</b>	<b>Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008-2030 .....</b>	89																																																																																																																																																																																																																																																																								
5.1	Isotopengehalte: Beprobung und Analysenprogramm..... <b>Teneurs en isotopes: Campagne d'échantillonnage et programmes d'analyses</b>	61	7.1	<b>Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du sud / Alsace du nord 2008-2030</b>																																																																																																																																																																																																																																																																									
5.2	Entwicklung der chemischen und isotopenchemischen Qualität von 1999 bis 2010. <b>Evolution de la qualité chimique et isotopique de 1999 à 2010</b>	62	5.2.1	Hauptinhaltsstoffe und C14 .....	63	7.1.1	Bestandsaufnahme der Wasserversorgungsstruktur .....	89	5.2.2	Chemie des éléments majeurs et C14		7.1.2	Inventaire de la structure d'alimentation en eau Secteur d'alimentation de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde	90	5.2.3	Strontium .....	64	7.1.3	Versorgungsbereich Gleiszellen-Klingenmünster der VG Bad Bergzabern .....	90	5.2.4	Strontium		7.1.4	Secteur d'alimentation de Gleiszellen – Klingenmünster, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		5.3	<b>Grundwasserverweildauer .....</b>	65	5.3.1	Tritium, CFC, SF6 .....	65	7.1.5	Versorgungsbereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach der VG Bad Bergzabern .....	91	5.3.2	Tritium, CFC, SF6		7.1.6	Secteur d'alimentation de Schweigen-Rechtenbach – Oberrotterbach, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		5.3.3	Radiokarbonaltersbestimmung und Schlussfolgerungen .....	66	5.4	Datation par le radiocarbone et conclusions		7.1.7	Versorgungsbereich der VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....	92	5.4	<b>Qualität der Grundwasservorkommen .....</b>	68	5.4.1	Qualité de la ressource en eau souterraine		7.1.8	Secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et de ses communes		6.	<b>Grundwassерmodell .....</b>	71	6.1	<b>Modèle hydrodynamique</b>		6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92	6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>	
5.2.1	Hauptinhaltsstoffe und C14 .....	63	7.1.1	Bestandsaufnahme der Wasserversorgungsstruktur .....	89																																																																																																																																																																																																																																																																								
5.2.2	Chemie des éléments majeurs et C14		7.1.2	Inventaire de la structure d'alimentation en eau Secteur d'alimentation de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde	90																																																																																																																																																																																																																																																																								
5.2.3	Strontium .....	64	7.1.3	Versorgungsbereich Gleiszellen-Klingenmünster der VG Bad Bergzabern .....	90																																																																																																																																																																																																																																																																								
5.2.4	Strontium		7.1.4	Secteur d'alimentation de Gleiszellen – Klingenmünster, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern																																																																																																																																																																																																																																																																									
5.3	<b>Grundwasserverweildauer .....</b>	65	5.3.1	Tritium, CFC, SF6 .....	65	7.1.5	Versorgungsbereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach der VG Bad Bergzabern .....	91	5.3.2	Tritium, CFC, SF6		7.1.6	Secteur d'alimentation de Schweigen-Rechtenbach – Oberrotterbach, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		5.3.3	Radiokarbonaltersbestimmung und Schlussfolgerungen .....	66	5.4	Datation par le radiocarbone et conclusions		7.1.7	Versorgungsbereich der VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....	92	5.4	<b>Qualität der Grundwasservorkommen .....</b>	68	5.4.1	Qualité de la ressource en eau souterraine		7.1.8	Secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et de ses communes		6.	<b>Grundwassерmodell .....</b>	71	6.1	<b>Modèle hydrodynamique</b>		6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92	6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																												
5.3.1	Tritium, CFC, SF6 .....	65	7.1.5	Versorgungsbereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach der VG Bad Bergzabern .....	91																																																																																																																																																																																																																																																																								
5.3.2	Tritium, CFC, SF6		7.1.6	Secteur d'alimentation de Schweigen-Rechtenbach – Oberrotterbach, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern																																																																																																																																																																																																																																																																									
5.3.3	Radiokarbonaltersbestimmung und Schlussfolgerungen .....	66	5.4	Datation par le radiocarbone et conclusions		7.1.7	Versorgungsbereich der VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....	92	5.4	<b>Qualität der Grundwasservorkommen .....</b>	68	5.4.1	Qualité de la ressource en eau souterraine		7.1.8	Secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et de ses communes		6.	<b>Grundwassерmodell .....</b>	71	6.1	<b>Modèle hydrodynamique</b>		6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92	6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																											
5.4	Datation par le radiocarbone et conclusions		7.1.7	Versorgungsbereich der VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....	92																																																																																																																																																																																																																																																																								
5.4	<b>Qualität der Grundwasservorkommen .....</b>	68	5.4.1	Qualité de la ressource en eau souterraine		7.1.8	Secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et de ses communes		6.	<b>Grundwassерmodell .....</b>	71	6.1	<b>Modèle hydrodynamique</b>		6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92	6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																				
5.4.1	Qualité de la ressource en eau souterraine		7.1.8	Secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et de ses communes																																																																																																																																																																																																																																																																									
6.	<b>Grundwassерmodell .....</b>	71	6.1	<b>Modèle hydrodynamique</b>		6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92	6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																													
6.1	<b>Modèle hydrodynamique</b>		6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92	6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																
6.2	<b>Zielsetzung .....</b>	71	7.1.9	Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern .....	92																																																																																																																																																																																																																																																																								
6.2.1	<b>Objectif</b>		6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern		6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																									
6.2.2	<b>Das Modellprogramm .....</b>	72	7.1.10	Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern																																																																																																																																																																																																																																																																									
6.2.3	<b>Le programme de modélisation</b>		6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																		
6.3	<b>Aufbau des hydrodynamischen Modells .....</b>	72	6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93	6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																					
6.3.1	<b>Construction du modèle hydrodynamique</b>		7.1.11	Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte .....	93																																																																																																																																																																																																																																																																								
6.3.2	<b>Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell .....</b>	72	6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																														
6.3.3	<b>Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique</b>		6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte		6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																	
6.4	<b>Eingangsparameter .....</b>	76	7.1.12	Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte																																																																																																																																																																																																																																																																									
6.4.1	<b>Paramètres d'entrée</b>		6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																										
6.4.2	<b>Speisung des Grundwassersystems .....</b>	76	6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93	6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																													
6.4.3	<b>Alimentation du système aquifère multicouche</b>		7.1.13	Benachbarte Versorgungsunternehmen .....	93																																																																																																																																																																																																																																																																								
6.4.4	<b>Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern .....</b>	78	6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																						
6.4.5	<b>Prélèvements dans les deux aquifères multicouches</b>		6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins		6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																									
6.4.6	<b>Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems .....</b>	79	7.1.14	Syndicats voisins																																																																																																																																																																																																																																																																									
6.4.7	<b>Paramètres hydrodynamiques du système aquifère multicouche</b>		6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																		
6.5	<b>Modellkalibrierung/Modellgüte .....</b>	81	6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																					
6.5.1	<b>Calage du modèle / qualité du modèle</b>		6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93	6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																								
6.5.2	<b>Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand .....</b>	81	7.1.15	Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald .....	93																																																																																																																																																																																																																																																																								
6.5.3	<b>Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques</b>		6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																	
6.6	<b>Szenarienrechnungen .....</b>	83	6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald		6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																				
6.6.1	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	85	7.1.16	Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald																																																																																																																																																																																																																																																																									
6.6.2	<b>Impact des prélèvements du scénario I sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld</b>		6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																													
6.6.3	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	86	6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94	6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																																
6.6.4	<b>Impact des prélèvements du scénario II sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		7.1.17	Verbandsgemeindewerke Landau-Land	94																																																																																																																																																																																																																																																																								
6.6.5	<b>Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld .....</b>	87	6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																																									
6.6.6	<b>Impact des prélèvements du scénario III sur les trois aquifères à proximité du puits d'exploration VII, Steinfeld</b>		6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94	6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																																												
6.7	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick zum Grundwassermodell .....</b>	88	7.1.18	<b>Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030 .....</b>	94																																																																																																																																																																																																																																																																								
6.7.1	<b>Conclusions et perspectives</b>		7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>		7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95	7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96	7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99	7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>		7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101	7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>		7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107	7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>		7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107	7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>		7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108	7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>		7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108	7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>		7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110	7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>		7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111	7.2.7	<b>Stations de captage</b>		7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112	7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>		7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112	7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>		7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113	7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>		7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113	7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																																																					
7.1.19	<b>Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.1.20	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	95																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.1.21	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.1.22	<b>Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden .....</b>	96																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.1.23	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.1.24	<b>Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld .....</b>	99																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.1.25	<b>Besoins et approvisionnement dans le secteur d'alimentation de la station de captage de Steinfeld</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.1.26	<b>Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg .....</b>	101																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.1.27	<b>Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.1.28	<b>Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030 .....</b>	107																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.1.29	<b>Bilan besoins / approvisionnement 2030</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.1.30	<b>Dargebotsreserven 2030 .....</b>	107																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.1.31	<b>Réserves de production 2030</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.2	<b>Technik der Wasserversorgung .....</b>	108																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.2.1	<b>Organisation technique de l'alimentation en eau</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.2.2	<b>Wasserspeicherung .....</b>	108																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.2.3	<b>Stockage d'eau</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.2.4	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	110																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.2.5	<b>Traitemen de l'eau</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.2.6	<b>Gewinnungsanlagen .....</b>	111																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.2.7	<b>Stations de captage</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.3	<b>Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung .....</b>	112																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.3.1	<b>Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.3.2	<b>Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden .....</b>	112																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.3.3	<b>Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.4	<b>Bereich Gleiszellen-Klingenmünster .....</b>	113																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.4.1	<b>Secteur de Gleiszellen-Klingenmünster</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												
7.4.2	<b>Bereich Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach .....</b>	113																																																																																																																																																																																																																																																																											
7.4.3	<b>Secteur Schweigen-Rechtenbach-Oberrotterbach</b>																																																																																																																																																																																																																																																																												

7.4.4	Bereich Wasserwerk Steinfeld .....	113
	<i>Secteur de la station de Steinfeld</i>	
7.4.5	Bereich Wissembourg und Syndicat Mixte .....	114
	<i>Secteur de Wissembourg et du Syndicat Mixte</i>	
7.4.6	Ausbaumaßnahmen im Verbund .....	114
	<i>Mesures d'extension au sein du réseau</i>	
7.5	<b>Handlungsempfehlungen für das Monitoring .....</b>	115
	<i>Recommandations d'action pour le monitoring</i>	
7.6	<b>Handlungsempfehlungen zu den Wasserrechten und Schutzgebieten .....</b>	116
	<i>Recommandations d'action pour les demandes d'autorisation de prélevement et les périmètres de protection</i>	
7.7	<b>Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Bewirtschaftungsraum .....</b>	116
	<i>Répercussions possibles du changement climatique sur l'espace étudié</i>	
8.	<b>Ausblick .....</b>	120
	<i>Perspectives</i>	
9.	<b>Literatur .....</b>	122
	<i>Bibliographie</i>	

**Anlagen** (als ausgedruckte Karten im Bericht und auf CD)

**Annexes** (sous forme de cartes imprimées dans le rapport et sur CD)

#### K1

Karte der Höhengleichen im Oberen Grundwasserleiter und Grundwasserflurabstand, 02.07.2009, Maßstab 1: 50.000

*Cartes des isopières dans l'aquifère supérieur et profondeur de la nappe phréatique, 02/07/2009, échelle 1: 50.000*

#### K2

Karte der Höhengleichen im Mittleren Grundwasserleiter und Grundwassererneuerungsbereiche für den MGWL, 02.07.2009, Maßstab 1: 50.000

*Cartes des isopières dans l'aquifère médian et profondeur de la nappe phréatique pour l'aquifère médian, 02/07/2009, échelle 1: 50.000*

#### K3

Karte der Höhengleichen im Unteren Grundwasserleiter und Grundwassererneuerungsbereiche für den UGWL, 02.07.2009, Maßstab 1: 50.000

*Cartes des isopières dans l'aquifère profond et profondeur de la nappe phréatique pour l'aquifère profond, 02/07/2009, échelle 1: 50.000*

#### K4, Blatt 1/K4, feuille 1

Wasserwirtschaftliche Anlagen im Versorgungsraum Stadt und VG Bad Bergzabern, ohne Maßstab

*Installations techniques et infrastructures du réseau d'alimentation de la ville et de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern, sans échelle*

#### K4, Blatt 2/K4, feuille 2

Wasserwirtschaftliche Anlagen im Versorgungsraum Syndicat Mixte, ohne Maßstab

*Installations techniques et infrastructures du réseau d'alimentation du Syndicat Mixte, sans échelle*

**Anhang** (nur digital auf CD)

**Annexes** (sous forme numérique sur CD uniquement)

#### Anhang 1/ Annexe 1

Messstellendokumentation, (Bohrprogramm 2009/2010) Büro Dilger, 2011

*Données de piézométrie, (programme de forage 2009/2010) bureau Dilger, 2011*

#### Anhang 2/ Annexe 2

Hydrogeologie

- Bohrprofile der neu gebohrten Messstellen

*Hydrogéologie*

- Coupes hydrogéologiques des nouveaux piézomètres

#### Anhang 3/ Annexe 3

Pumpversuchsauswertungen:

- Auswertung der Pumpversuche von November 2009 bis Januar 2010 im Brunnen WII (WW Steinfeld-Deutschland), B. Dewandel, BRGM, März 2011

- Durchführung eines Pumpversuches im Versuchsbrunnen W II, Messbericht, Büro André Voutta, 25.03.2010

- Referenzpumpversuch als Langzeitpumpversuch im Versuchsbrunnen W II im Zeitraum 02.12.2011 bis 25.01.2012, Büro Dilger, 2012

*Interprétations des pompages d'essai :*

- Interprétation des pompages d'essai de novembre 2009 à janvier 2010

*Dans le puits WII (WW Steinfeld-Allemagne), B. Dewandel, BRGM, mars 2011*

- Réalisation d'un pompage d'essai dans le puits d'exploration W II, rapport des mesures, bureau André Voutta, 25/03/2010

- Pompage d'essai de référence comme pompage d'essai de longue durée dans le puits d'exploration W II du 02.12.2011 au 25.01.2012, Bureau Dilger, 2012

#### Anhang 4/ Annexe 4

Hydrochemie

- Geochemische und isotopenchemische Entwicklung der Grundwässer des Pliozäns von Wissembourg/Bad Bergzabern 1999-2010, W. Kloppmann, BRGM, Juni 2011

- Analysen der Rohwässer (Bienwaldbrunnen, Versuchsbrunnen W II Steinfeld)

*Hydrochimie*

- Evolution géochimique et isotopique des eaux souterraines du pliocène de Wissembourg/Bad Bergzabern 1999-2010, W. Kloppmann, BRGM, juin 2011

*- Analyses des eaux brutes (Bienwaldbrunnen, puits d'exploration W II Steinfeld)*

#### Anhang 5/ Annexe 5

Grundwassermodelldokumentation

- Modélisation de l'aquifère transfrontalier du Pliocène de Wissembourg – Bad Bergzabern, Rapport final, V. Hamm, S. Schomburgk, BRGM, November 2011

- Modellierung des grenzübergreifenden pliozänen Grundwasserleiters Wissembourg – Bad Bergzabern, Abschlussbericht, V. Hamm, S. Schomburgk, BRGM, November 2011

*Données du modèle hydrodynamique*

- Modélisation de l'aquifère transfrontalier du Pliocène de Wissembourg – Bad Bergzabern, Rapport final, V. Hamm, S. Schomburgk, BRGM, novembre 2011

*Modellierung des grenzübergreifenden pliozänen Grundwasserleiters Wissembourg – Bad Bergzabern, Abschlussbericht, V. Hamm, S. Schomburgk, BRGM, November 2011*

#### Anhang 6/ Annexe 6

Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz-Nordelsass 2008-2030 (Tabellen und Grafiken), Büro Dilger, 2011

*Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz-Nordelsass 2008-2030 / Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du Sud / Alsace du nord (tableau et graphiques), bureau Dilger, 2011*

## Vorwort der Maßnahmeträger

Das INTERREG IVA - Projekt „Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008 -2030“ resultiert aus den Erfahrungen der seit dem Jahr 2001 bestehenden grenzüberschreitenden Wasserversorgung des örtlichen Zweckverbandes Verbandsgemeinde Bad Bergzabern und der Stadt Wissembourg. Besonders in den Spitzenverbrauchszeiten der Jahre 2003 und 2006 wurde deutlich, dass eine nachhaltige auf die Zukunft ausgerichtete Grundwasserbewirtschaftung alleine aus dem artesischen, tiefen Grundwasserleiter unter dem Bienwald an ihre Grenzen stoßen würde. Zur Schonung dieses tiefen, sehr alten und daher sich nur sehr langsam regenerierenden Grundwassers, bot sich die Erschließung der über diesem tiefen Grundwasserleiter liegenden Wasserressource im mittleren Grundwasserleiter an.

Durch die Niederbringung weiterer Messstellen in diesem, als Mittleren Grundwasserleiter bezeichneten Aquifer, der gemeinsamen Auswertung der gewonnenen Daten durch die Fachleute beider Länder und der Szenarienberechnungen mittels eines mathematischen Grundwassermodells, konnten Bewirtschaftungskriterien erarbeitet werden, wie zukünftig eine quantitativ vernünftige und nachhaltige Nutzung des Mittleren und Tiefen Grundwasserleiters zum Vorteil aller Partner möglich ist, ohne dass Beeinträchtigungen des Wasser- und Naturhaushalts in dem betrachteten Untersuchungsraum zu erwarten sind.

Ebenfalls wurden in technischer Hinsicht Optimierungsoptionen geprüft, um eine langfristige Sicherstellung der Trinkwasserversorgung bis zum Planungshorizont 2030 zu gewährleisten. Hierzu gehören auch Handlungsempfehlungen zu technischen Maßnahmen bei der Förderung, Aufbereitung und Verteilung des Trinkwassers zur Abdeckung von Bedarfsspitzen oder zur Sicherstellung des Bedarfs in Trockenjahren.

Neben der Klärung grundsätzlicher Fragen des Grundwasserschutzes und der Wasserbewirtschaftung im Untersuchungsraum ist mit der Studie auch ein Planungs- und Orientierungsdokument für die Projektpartner entstanden, das eine hervorragende Entscheidungshilfe für zukünftige Investitionen dargestellt.

Allen Mitarbeitern der Länderübergreifenden Arbeitsgruppe, der beauftragten Ingenieursbüros, der befassten Institute in Deutschland und Frankreich sowie den Projektbegleitern der Kommunen sei hier herzlich gedankt.

Die vorliegende Studie ist ein greifbares Beispiel für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit in Europa. Sie ist die Grundlage für den gemeinsamen Schutz und die nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen im Elsass und der Pfalz. Für die Bürger in der Region wird hierdurch der europäische Gedanke konkret sicht- und spürbar. Für die finanzielle Unterstützung der Europäischen Union sei an dieser Stelle nochmals Dank gesagt.

**Hermann Bohrer**  
Bürgermeister der Verbandsgemeinde  
Bad Bergzabern



**Christian Gleich**  
Maire de Wissembourg



## Préambule des porteurs du projet

Le projet INTERREG IVA «Gestion transfrontalière de l'approvisionnement en eau Palatinat du sud / Alsace du nord 2008-2030» résulte des expériences faites dans la gestion transfrontalière de l'eau mise en place en 2001 par le groupement local de coopération transfrontalière entre le syndicat intercommunal de Bad Bergzabern et la ville de Wissembourg. C'est au cours des périodes de pointe des années 2003 et 2006 qu'il est apparu clairement qu'une gestion durable des nappes à partir du seul aquifère artésien profond sous le Bienwald atteindrait rapidement ses limites. Afin de préserver cet aquifère profond, très ancien et ne se régénérant de ce fait que très lentement, il convenait d'exploiter la ressource située au-dessus de cet aquifère profond, à savoir l'aquifère médian.

Grâce à la mise en place de piézomètres supplémentaires dans cet aquifère dit médian, à l'exploitation commune des données recueillies par les spécialistes des deux pays et aux scénarios réalisés sur la base d'un modèle hydrologique mathématique, il a été possible d'élaborer des critères pour une gestion future de l'aquifère médian et de l'aquifère profond qui soit raisonnable en termes de quantité et durable au bénéfice de l'ensemble des partenaires sans porter préjudice à l'équilibre de l'eau et de la nature dans la zone étudiée.

Il a également été procédé, au point de vue technique, à l'examen d'options d'optimisation afin de garantir une alimentation en eau à long terme jusqu'à l'horizon du projet 2030. Parmi ces options figurent des recommandations d'actions concernant les mesures techniques de pompage, de traitement et de distribution d'eau potable pour couvrir la consommation en périodes de pointe ou pour garantir l'alimentation en eau en périodes de sécheresse.

L'étude n'apporte pas seulement une réponse aux questions fondamentales en matière de protection des nappes et de la gestion de l'eau dans la zone étudiée. Elle fournit également un document de planification et d'orientation pour les partenaires du projet qui constituera une aide précieuse à la décision pour de futurs investissements.

Nous remercions tous les collaborateurs du groupe de travail transfrontalier, des bureaux d'études, des instituts en Allemagne et en France ainsi que tous les accompagnateurs du projet au sein des communes pour leur collaboration.

La présente étude est un exemple éloquent de la coopération transfrontalière en Europe. Elle crée la base pour la protection commune et l'utilisation durable des ressources en eau en Alsace et dans le Palatinat. Ainsi, l'idée européenne devient concrètement visible et tangible pour les citoyens de la région. Nous tenons à réitérer ici nos remerciements à l'Union Européenne pour son soutien financier.

**Hermann Bohrer**  
Maire du syndicat intercommunal  
de Bad Bergzabern



**Christian Gleich**  
Maire de Wissembourg



## Vorwort des Vorsitzenden der Länderarbeitsgruppe

Im Jahr 1996 fanden die ersten Informationsgespräche zwischen deutschen und französischen Fachleuten zum Thema grenzüberschreitende Wasserversorgung und Grundwasserschutz im Gebiet der Lauterniederung zwischen Bad Bergzabern und Wissembourg statt. Niemand konnte zu diesem Zeitpunkt ahnen, dass sich aus den Gesprächen heraus zwei sehr bedeutsame Projekte für diese Region entwickeln würden. In gleichem Maße wie in der Oberrheinkonferenz das Thema Grundwasserschutz sich in Form von länderübergreifenden Projekten im Oberrheingraben etablierte, erkannte die Politik beiderseits der Lauter die Notwendigkeit zum Handeln, was ein gemeinsames Grund- und Trinkwassermanagement betraf. Waren es im ersten Interreg IIA – Projekt „Grundwasserstudie Bienwald – Grenzüberschreitende Verbundwasserversorgung“ mit der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern und der Ville de Wissembourg noch zwei Maßnahmeträger, welche die Grundlagen für einen länderübergreifenden Wasserverbund schufen, konnten für das neue Projekt „Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008-2030“ im Rahmen von Interreg IV A zwei weitere Trinkwasserversorgungsunternehmen als Partner gewonnen werden: die Stadtwerke Bad Bergzabern sowie das in Wissembourg ansässige Syndicat Mixte Production d'Eau Potable.

Wie schon beim Interreg IIA – Projekt oblag der Länderübergreifenden Arbeitsgruppe (LAG) die Federführung und Koordination der Teilmaßnahmen. Mit fast der gleichen personellen Besetzung wie damals konnte auch in dieser neuen Projektbearbeitung bewiesen werden, wie gut eine Zusammenarbeit, trotz unterschiedlicher Arbeitsstrukturen und Sprachen, gelingen kann. Der Weg ist das Ziel und dieses konnte erreicht werden durch eine von Transparenz und Toleranz getragene Kommunikationsebene. Diese über 15 Jahre hinweg gewachsene Zusammenarbeit hat Maßstäbe gesetzt und sollte für die Projektpartner Motivation genug sein, die von der LAG empfohlenen Maßnahmen auch sukzessive umzusetzen.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei den LAG-Mitgliedern für ihr Engagement und Ihren Einsatz bedanken, ebenfalls bei allen technisch und wissenschaftlich Beteiligten, die das Projekt mit ihren Beiträgen unterstützt und verwirklicht haben. Bei den Projektverantwortlichen und Betreuern des Interreg-Büros bedanke ich mich für ihr entgegengebrachtes Vertrauen und Verständnis für ad hoc zu treffende Entscheidungen, die im Vorfeld nicht so vorauszusehen waren.

Ein besonderer Dank gilt dem ehemaligen 1. Beigeordneten und Werkleiter der Verbandsgemeindewerke Bad Bergzabern, Herrn Raimund Zimmermann. Zusammen mit seinem Pendant auf französischer Seite, Monsieur Joseph Richter, hat er durch seine grenzüberschreitenden Erfahrungen und Kenntnisse die notwendigen Türen bis nach Strasbourg geöffnet, um beide Projekte starten und letztendlich erfolgreich beenden zu können.

**Wolfgang Müller**  
Vorsitzender der LAG,  
Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Neustadt a. d. Weinstraße



## Avant-propos du président du groupe de travail des Länder

C'est en 1996 qu'ont eu lieu les premiers entretiens d'information entre experts allemands et français sur le thème de l'alimentation en eau transfrontalière et de la protection des nappes souterraines dans les environs de la Lauter entre Bad Bergzabern et Wissembourg. À cette époque, personne ne pouvait soupçonner que ces entretiens donneraient naissance à deux projets majeurs pour cette région. Tout comme la protection des nappes souterraines s'est imposée par des projets transfrontaliers dans le cadre de la conférence du Rhin supérieur, les acteurs politiques de part et d'autre de la Lauter ont compris la nécessité d'agir et de mettre en place une gestion commune des nappes souterraines et de l'eau potable. Pour le premier projet Interreg IIA intitulé «Etude des ressources en eau de la forêt du Bienwald – Alimentation en eau transfrontalière», les coordinateurs étaient au nombre de deux, à savoir la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et la Ville de Wissembourg qui ont créé les bases pour un syndicat d'eau transfrontalier. Deux nouveaux partenaires se sont associés au nouveau projet «Gestion transfrontalière de l'approvisionnement en eau potable Palatinat du sud / Alsace du Nord 2008 -2030» qui s'inscrit dans le cadre d'Interreg IV A: les Stadtwerke Bad Bergzabern et le Syndicat Mixte Production d'Eau Potable implanté à Wissembourg.

Comme pour le projet Interreg IIA, la responsabilité et la coordination des mesures partielles de ce nouveau projet ont été confiées au groupe de travail transfrontalier dont la composition est restée quasiment identique ce qui prouve encore une fois qu'une coopération de qualité est possible malgré les différences entre les structures de travail et les barrières linguistiques. Le but est le chemin lui-même et il a été atteint par un niveau de communication porté par la transparence et la tolérance. Cette coopération qui s'est construite en 15 années de travail commun a établi des critères et devrait à elle seule suffire pour motiver les partenaires du projet à mettre successivement en œuvre les actions préconisées par le groupe de travail.

Je tiens à remercier les membres du groupe de travail transfrontalier pour leur engagement et leur travail, ainsi que l'ensemble des personnes qui du point de vue technique et scientifique ont contribué à la réalisation du projet. Un grand merci aussi aux responsables et animateurs du projet au sein du bureau d'Interreg pour la confiance et leur compréhension lorsqu'il s'agissait de prendre décisions *ad hoc*, impossibles à anticiper.

Je remercie tout particulièrement Monsieur Raimund Zimmermann, ancien 1<sup>er</sup> adjoint et directeur technique des services intercommunaux de Bad Bergzabern. Avec son pendant côté français, Monsieur Joseph Richter, il a ouvert, grâce à ses expériences et connaissances transfrontalières, les bonnes portes jusqu'à Strasbourg pour pouvoir démarrer les deux projets et finalement les mener à terme avec succès.

**Wolfgang Müller**  
Président du groupe de travail transfrontalier,  
Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Neustadt a. d. Weinstraße



# Einleitung Introduction

Das Projekt „Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008-2030“ ist ein Gemeinschaftsprojekt von vier Wasserversorgungsunternehmen, das zum Ziel hat, eine nachhaltige und langfristig gesicherte Trinkwasserversorgung in einem gemeinsam bewirtschafteten, grenzüberschreitenden Versorgungsraum mit seinen rd. 40.000 Einwohner zu gewährleisten.

Neben dem „Grenzüberschreitenden örtlichen Zweckverband Verbandsgemeinde Bad Bergzabern/Ville de Wissembourg“ (GöZ), beteiligten sich die Stadtwerke Bad Bergzabern sowie das französische Syndicat Mixte Production d'Eau Potable de la région de Wissembourg anteilmäßig an den Projektkosten. Das Projekt wurde mit Unterstützung der Europäischen Union im Rahmen des Programms INTERREG IVA finanziert.

Der ca. 60 km<sup>2</sup> große Untersuchungsraum, gelegen zwischen Bad Bergzabern im Nordwesten, Seebach im Süden sowie Schaidt als östliche und die Vorbergzone zum Pfälzerwald und den Nordvogesen als westliche Grenze, ist quasi identisch mit dem des INTERREG IIA/PAMINA - Projektes „Grenzüberschreitende Verbundwasserversorgung VG Bad Bergzabern/Ville de Wissembourg“, welches im Zeitraum 1999 bis 2001 durchgeführt und ebenfalls von der Europäischen Union finanziell unterstützt wurde.

Während bei letzter genannter Maßnahme die hydraulische Erkundung des Unterer artesischen Grundwasserleiters (UGWL) im Vordergrund stand, wurde im aktuellen Projekt die Möglichkeit der Erschließung von Grundwasser aus dem, über dem UGWL gelegenen, Mittleren Grundwasserleiter (MGWL) und den möglichen Auswirkungen auf den Oberen Grundwasserleiter (OGWL) und UGWL untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind die Basis für den eigentlichen Zweck des Projektes und zwar die Ausarbeitung eines Wasserversorgungskonzeptes, welches den beteiligten Wasserversorgungsunternehmen Handlungsempfehlungen für eine langfristige Sicherstellung der Trinkwasserversorgung bis zum Planungshorizont 2030 aufzeigen soll.

Wie schon bei dem INTERREG IIA - Projekt wurde eine Länderübergreifende Arbeitsgruppe (LAG), bestehend aus Vertretern französischer Institutionen und deutscher Fachbehörden sowie

Le projet « Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau potable Palatinat du sud / Alsace du nord 2008-2030 » est un projet commun de quatre distributeurs d'eau qui a pour objectif d'assurer une alimentation en eau durable et à long terme dans une zone d'approvisionnement transfrontalier d'environ 40.000 habitants gérée conjointement.

Outre le « Groupement local de coopération transfrontalière du syndicat intercommunal de Bad Bergzabern et de la Ville de Wissembourg » (GöZ), les Stadtwerke Bad Bergzabern ainsi que le Syndicat Mixte Production d'Eau Potable de la région de Wissembourg participent proportionnellement au coût du projet qui a été cofinancé par l'Union Européenne dans le cadre du programme INTERREG IVA.

La zone étudiée d'une superficie d'environ 60 km<sup>2</sup> limitée par Bad Bergzabern au nord-ouest, par les communes de Seebach au sud et de Schaidt à l'est et par le piémont du Pfälzerwald et les Vosges du nord à l'ouest, est quasiment identique à celle du projet INTERREG IIA/PAMINA - « Approvisionnement transfrontalier en eau VG Bad Bergzabern/Ville de Wissembourg », réalisée entre 1999 et 2001 et également cofinancé par l'Union Européenne.

Tandis que pour ce dernier projet, l'accent avait été mis sur l'étude hydraulique de l'aquifère artésien profond (UGWL), le projet actuel avait pour objectif d'étudier la possibilité d'exploiter l'aquifère médian (MGWL) situé au-dessus de l'aquifère profond et les éventuelles conséquences pour l'aquifère supérieur(OGWL) et l'aquifère profond. Les résultats de ces études constituent une base pour le véritable objectif du projet, à savoir l'élaboration d'un concept d'alimentation en eau indiquant aux sociétés de distribution d'eau concernées des recommandations d'action garantissant l'alimentation en eau à long terme jusqu'à l'horizon de planification 2030.

Comme pour le projet INTERREG IIA, la mise en œuvre et le suivi de l'actuel projet ont été confiés à un groupe de travail transfrontalier composé de représentants d'institutions françaises et d'autorités allemandes ainsi que de communes allemandes et françaises. Ce groupe de travail assurait la direction et la coordination pour un bureau d'études mandaté par le maître d'ouvrage et chargé, à ce titre, de la mise en œuvre correcte et dans les délais impartis des mesures prévues.



der deutschen und französischen Kommunen mit der Projektabwicklung beauftragt. Die LAG fungierte als Steuerungs- und Koordinationsstelle für ein vom Projektträger beauftragtes Ingenieurbüro. Dieses war für die ordnungsgemäße und fristgerechte Umsetzung des Maßnahmeprogramms verantwortlich.

Das Projektprogramm beinhaltete 7 Teilmaßnahmen:

1. Abteufen von Erkundungsbohrungen mit Einrichtung tiefendifferenzierter Grundwassermessstellen
2. Brunnenaktivierung und Pumpversuch im MGWL auf dem Gelände des Wasserwerks Steinfeld
3. Grundwassermanagement und Ermittlung der hydraulischen Systemparameter: Grundwasserpotenzialmessungen, Pumpversuchsauswertungen in den neuen Messeinrichtungen, Rückbau des vorhandenen Brunnens Br. II und des vorhandenen Messpegels I im WW Steinfeld
4. Hydrochemische- und isotopenchemische Untersuchungen an ausgewählten Messstellen
5. Elaboration d'un modèle hydrodynamique multicouche, collecte des données du modèle et calcul des scénarios de gestion
6. Technique et infrastructures: évaluation des installations techniques et développement de stratégies de gestion adaptées
7. Rassemblement de l'ensemble des données, interprétation globale et élaboration de recommandations d'action pour une gestion durable de la ressource et optimisation des techniques

Le programme comprenait 7 mesures partielles:

1. Forages d'exploration avec mise en place de piézomètres à différentes profondeurs
2. Réalisation de puits et d'un pompage d'essai dans l'aquifère médian au niveau de la station de captage de Steinfeld
3. Suivi de l'aquifère et estimation des paramètres hydrauliques du système : mesures piézométriques, analyse des pompages d'essai au niveau des nouveaux piézomètres, démantèlement du puits existant Br. II et du piézomètre à Steinfeld
4. Etudes hydrochimiques et isotopiques sur une sélection de piézomètres
5. Elaboration d'un modèle hydrodynamique multicouche, collecte des données du modèle et calcul des scénarios de gestion
6. Technique et infrastructures: évaluation des installations techniques et développement de stratégies de gestion adaptées
7. Rassemblement de l'ensemble des données, interprétation globale et élaboration de recommandations d'action pour une gestion durable de la ressource et optimisation des techniques

# 1. Rückblick Rétrospective

5. Aufbau eines mehrschichtigen Grundwasserströmungsmodells, Erfassung aller erforderlichen Daten für das Modell mit Modellrechnung für Bewirtschaftungs-szenarien
6. Technik und Infrastruktur: Bewertung der technischen Anlagen mit Entwicklung geeigneter Bewirtschaftungsstrategien
7. Zusammenstellen aller Daten, Gesamtinterpretation und Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung und Optimierung der Technik der Wasserversorgung, Öffentlichkeitsarbeit, Flyer, Veranstaltungen.

Ein besonderer Schwerpunkt des Projekts bildete der Untersuchungspunkt 6 – Bestandsaufnahme der bestehenden Technik und Infrastruktur der regionalen Trinkwasserversorgungsräume. Mit Hilfe dieser detaillierten Bestandsaufnahme und den Ergebnissen aus den Szenarienberechnungen mit dem GrundwassermodeLL, konnten die zukünftigen Handlungsempfehlungen für die Wasserversorgungsunternehmen entwickelt werden.

Der Bericht ist so aufgebaut, dass in den einzelnen Kapiteln zur Grundlagenerfassung, also Hydrogeologie, Hydrochemie, Pumpversuche und GrundwassermodeLL, die Ergebnisse bzw. die Zusammenfassungen direkt in den einzelnen Kapiteln abgedruckt sind. Das Hauptkapitel 7 „Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008-2030“ basiert auf den Ergebnissen der Grundlagenkapitel und ist dementsprechend ausführlich. Die Kapitedarstellung wurde deshalb gewählt, um den Bericht nicht durch ein weiteres Kapitel „Zusammenfassung“ unnötig aufzublähen. Über das Kapitel 7 erhalten die Hauptadressaten, nämlich die Wasserversorgungsunternehmen, einen direkten Zugriff zu den Handlungsempfehlungen. Jedem Bericht ist eine CD beigelegt, in der die notwendigen Grundlagenuntersuchungen als Anlagen zum Bericht dokumentiert sind.

d'alimentation en eau, relations publiques, flyers, manifestations.

Un accent particulier a été mis sur la mesure 6 « Inventaire des installations techniques et de l'infrastructure existantes dans les secteurs d'alimentation en eau de la zone étudiée ». Cet inventaire détaillé ainsi que les résultats obtenus par les calculs des scénarios à l'aide du modèle hydrodynamique ont permis d'élaborer des recommandations d'actions futures pour les sociétés de distribution d'eau.

Le rapport est conçu de manière à faire figurer les résultats et/ou résumés directement dans les différents chapitres traitant des questions fondamentales, à savoir l'hydrogéologie, l'hydrochimie, les pompages d'essai et le modèle hydrodynamique. Le chapitre principal est fondé sur les résultats des chapitres de base et, par conséquent, relativement détaillé. L'organisation du texte en chapitres a été choisie pour ne pas encombrer inutilement le rapport avec un chapitre « Résumé » supplémentaire. Les principaux destinataires du rapport, à savoir les sociétés de distribution d'eau, ont directement accès, via le chapitre 7, aux recommandations d'action. Chaque rapport est accompagné d'un CD documentant les analyses fondamentales nécessaires sous la forme d'annexes au présent rapport.

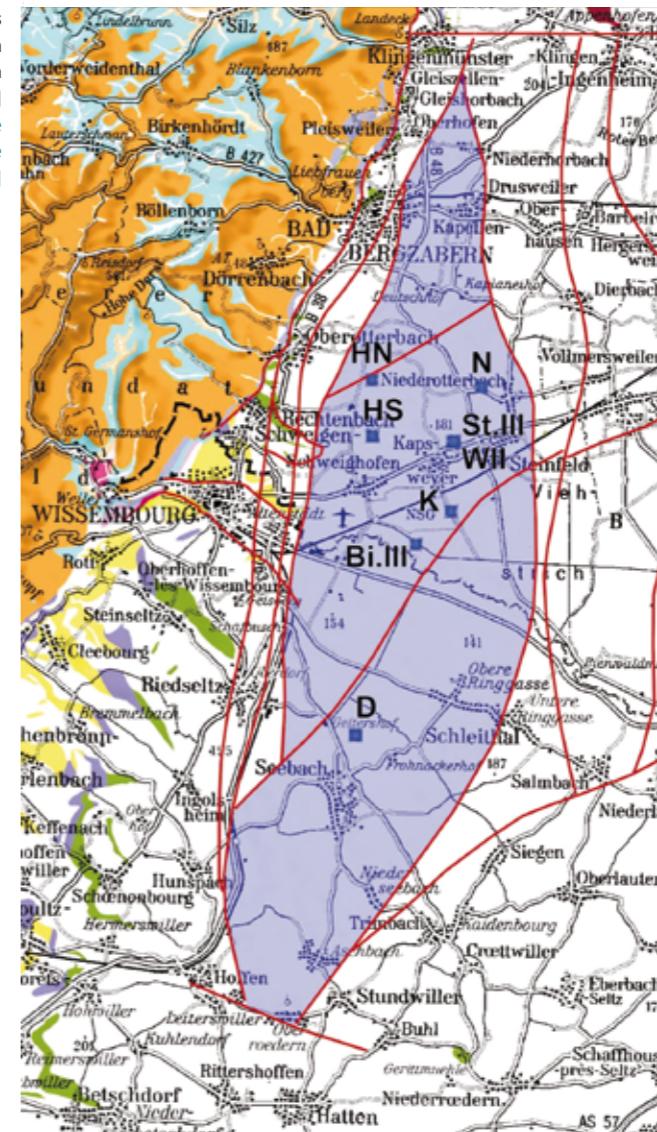
Im Oktober 2001 wurden die technischen Anlagen des neu gegründeten „Grenzüberschreitenden örtlichen Zweckverbandes (GöZ) Wissembourg/Bad Bergzabern“ offiziell in Betrieb genommen. Erstmals in der deutsch/französischen Geschichte fließt seit diesem Zeitpunkt Trinkwasser aus dem Bienwald durch eine über zehn Kilometer lange Verbindungsleitung in einen neu gebauten Hochbehälter und von dort in die französischen Haushalte der Stadt Wissembourg.

Grundlage für den Bau dieses Wasserverbundes zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung war eine grenzüberschreitend durchgeföhrte Grundwasserstudie, die im Rahmen eines mit finanzieller Unterstützung durch die EU geförderten Interreg IIA/PAMINA – Projekts

En octobre 2001, les installations techniques du « Groupement local transfrontalier (GöZ) Wissembourg/Bad Bergzabern » nouvellement créé, ont été officiellement mises en service. Pour la première fois dans l'histoire franco-allemande, de l'eau provenant du Bienwald arrive, par une interconnexion de plus de dix kilomètres de longueur, dans un réservoir surélevé construit à cet effet pour être ensuite distribuée aux ménages français de la ville de Wissembourg.

L'origine de la création d'un réseau d'interconnexion pour la sécurisation à long terme de l'alimentation en eau réside dans la réalisation d'une étude transfrontalière des nappes souterraines réalisée dans le cadre d'un projet INTERREG IIA/PAMINA cofinancé par l'Union Européenne.

**Abb.1.1:** Übersicht des Randgrabens mit dem untersuchten Unteren Grundwasserleiter (UGWL)  
**Fig. 1.1:** Vue du fossé de bordure et de l'aquifère profond (UGWL)



angefertigt wurde. Nach intensiven fachlichen Vorerkundungen und deutsch-französischen Gesprächen auf administrativer Ebene, konnte das Projekt im Jahre 1999 mit einer Laufzeit von drei Jahren umgesetzt werden. Untersucht wurde von der „Länderübergreifenden Arbeitsgruppe (LAG)“ der artesische Untere Grundwasserleiter (UGWL), welcher sich in einem bis zu 5 Km breiten und ca. 22 Km langen Randgraben zwischen dem elsässischen Mundatwald und dem nördlich der Lauter sich fortsetzenden Bienwald bis zum Stadtgebiet von Bad Bergzabern erstreckt (Abb.1.1)

### 1.1 Bienwaldstudie 1999/2001

Ziel dieser Studie war die Untersuchung und wasserwirtschaftliche Bewertung eines artesischen Grundwasserleiters, der durch zwei Bohrungen im Bienwald und bei Steinfeld bereits in den 70er und 80er Jahren erschlossen wurde. Beide Brunnen wurden zu Trinkwasserbrunnen ausgebaut und an die Aufbereitungsanlage im Wasserwerk Steinfeld angeschlossen. Im Jahr 1996 wurde der Brunnen Bienwald mit einem neuen Brunnenkopf ausgestattet und ein Leistungspumpversuch durchgeführt. Dabei zeigten sich Druckabsenkungen im Tiefbrunnen Steinfeld sowie in einer weiter östlich vom Bienwaldbrunnen gelegenen Tiefmessstelle. Folglich mussten die beiden Entnahmeh Brunnen sowie die Grundwassermessstelle hydraulisch miteinander in Verbindung stehen.

Im gleichen Jahr ging eine Anfrage der Wasserversorgung Wisssembourg bei der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern ein, ob die Möglichkeit zur Lieferung von Trinkwasser in Spitzenzeiten vom Wasserwerk Steinfeld nach Wisssembourg möglich wäre. Dort gab es besonders in den Sommermonaten Engpässe in der Versorgung und man suchte nach Lösungen diesen Missstand zu beseitigen. Alternativ hatte man auf französischer Seite vor, einen bestehenden Brunnen am Hippodrom bei Wisssembourg tiefer zu bohren und den Unterem Grundwasserleiter (UGWL) zu beanspruchen. Schnell wurde den Verantwortlichen klar, dass man nur gemeinsam diese grundlegenden Fragen der zukünftigen Grundwasserbewirtschaftung beantworten konnte und das deutsch- französische Projekt entstand. Vor allem sorgte man sich auf deutscher Seite darum, dass durch eine Vertiefung des Brunnens am Hippodrom, der nur wenige Kilometer südlich vom Bienwaldbrunnen steht, und die vorgesehene Grundwasserentnahme aus dem UGWL, der Grundwasserzustromanteil aus Frankreich nach Deutschland zum Bienwaldbrunnen eingeschränkt werden könnte. Vor Beginn der Studie ging man davon aus,

Après d'intenses investigations en amont et des négociations franco-allemandes au niveau administratif, le projet a pu être mis en œuvre en 1999 pour une durée de trois ans. L'étude menée par le « Groupe de travail transfrontalier » portait sur l'aquifère artésien profond (UGWL) qui s'étend dans un fossé de bordure de 5 km de largeur et de 22 km de longueur entre la forêt du Mundat et le Bienwald, et qui se poursuit au nord de la Lauter jusqu'à l'agglomération de Bad Bergzabern (figure 1.1)

### 1.1 Etude des ressources en eau de la forêt du Bienwald 1999/2001

L'objectif de cette étude était d'examiner et d'évaluer en termes d'exploitation un aquifère artésien qui était déjà exploité grâce à des forages dans la forêt du Bienwald et sur le site de Steinfeld dans les années 1970 et 1980. Les deux puits ont été transformés en puits d'eau potable et raccordés à l'usine de traitement du site de Steinfeld. En 1996, le puits du Bienwald a été doté d'une tête de puits neuve et un pompage d'essai par paliers de débit a été réalisé. Ce pompage a révélé une baisse du niveau piézométrique dans le puits profond de Steinfeld ainsi qu'au niveau d'un piézomètre profond situé à l'est du puits du Bienwald. Il en a été conclu que les deux puits de prélèvement étaient reliés hydrauliquement.

Dans la même année, le syndicat des eaux de Wisssembourg s'est adressé au syndicat intercommunal de Bad Bergzabern pour évaluer la possibilité d'approvisionner Wisssembourg en eau potable à partir de la station de captage de Steinfeld lors de périodes de pointe. En effet, durant les mois d'été, Wisssembourg connaissait des pénuries d'approvisionnement et cherchait des solutions pour y remédier. Une solution alternative, côté français, consistait à creuser plus profondément un puits existant sur le site de l'hippodrome près de Wisssembourg et de solliciter l'aquifère profond. Très rapidement, les responsables ont compris la nécessité de trouver ensemble les réponses à ces questions fondamentales de la future gestion des eaux souterraines. Le projet franco-allemand a ainsi vu le jour. Du côté allemand, on s'inquiétait surtout qu'un approfondissement du puits de l'hippodrome situé à quelques kilomètres seulement du puits du Bienwald, et les prélèvements de l'aquifère profond qui s'en suivraient puissent entraîner une réduction des apports d'eau depuis la France vers le puits du Bienwald, côté allemand. Avant de commencer l'étude, il était admis que cet aquifère profond était formé au sud-ouest

dass dieses tiefe Grundwasser im Südwesten auf französischem Gebiet am Fuße der Vogesen gebildet und in einer sogenannten pliozänen Rinne nach Nordosten in Richtung Deutschland abströmen würde.

Durch die Ergebnisse der Studie konnte diese These jedoch eindeutig widerlegt werden. Die Resultate der Messungen aus den im Projektgebiet niedergebrachten tiefen Grundwassermessstellen zeigten, dass die Grundwasserneubildung für den UGWL im Nordwesten, in der Vorbergzone des Pfälzerwaldes, stattfinden musste. Auf Grund der gemessenen Grundwasserstände kann nur dort das neu gebildete Grundwasser über den Oberen bzw. Mittleren in den Unterem Grundwasserleiter versickern. Die Fließrichtung des tieferen Grundwassers erfolgt von Nord nach Süd, also in Richtung Frankreich - eine für alle Beteiligten verblüffende Erkenntnis.

Als Fazit der Studie konnte festgehalten werden, dass es sich bei dem Tiefengrundwasser unter dem Bienwald um ein sehr altes, qualitativ hochwertiges und hervorragend geschütztes Wasser handelt. Eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser Ressource musste organisiert werden, wobei das Hauptaugenmerk auf Entnahmeszenarien in Spitzenzeiten mit einer Lieferung von Trinkwasser nach Wisssembourg sowie den Auswirkungen dieser Entnahmen auf die darüber liegenden Grundwasserstockwerke lag. Ein Monitoringprogramm zur Erfassung der Grundwasserstände, der Druckpotenziale und Ermittlung der Wasserbilanz wurde aufgelegt und die in der Natur gemessenen Wasserhaushaltsdaten und hydraulischen Verhältnisse mit einem einfachen zweischichtigen mathematischen Grundwassерmodell nachsimuliert.

Die Bienwaldstudie 1999/2001 zeigte auf, dass durch die Untersuchungen die grundsätzliche Möglichkeit einer zusätzlichen Entnahmehöhung im UGWL, zur Belieferung von Wisssembourg, abgeleitet werden konnte und somit die bestehende Bewilligung in Höhe von 0,6 Mio m³/a für den Bienwaldbrunnen weiterhin Bestand hat. Auf der Grundlage dieser Aussage beauftragte der neu gegründete „GöZ Wisssembourg/Bad Bergzabern“ ein deutsches und französisches Ingenieurbüro mit der Planung einer Verbundwasserversorgung zwischen der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern und der Stadt Wisssembourg. Der Grundstein für eine zukünftige länderübergreifende Wasserversorgung war gelegt.

sur le territoire français au pied des Vosges et que l'eau s'écoulait dans un chenal du pliocène vers le nord-est en direction de l'Allemagne.

Les résultats de cette étude ont permis d'affirmer clairement cette thèse. Les résultats des mesures réalisées aux piézomètres profonds dans la zone étudiée ont montré que le renouvellement des eaux souterraines de l'aquifère profond devait avoir lieu au nord-ouest dans le piémont du Pfälzerwald. Selon les niveaux mesurés, il s'agit du seul endroit où l'eau renouvelée peut s'infiltrer par l'aquifère supérieur ou médian vers le l'aquifère profond. Le sens d'écoulement de l'aquifère profond va du nord au sud, donc en direction de la France – ce qui constitue une découverte renversante.

Nous pouvons en conclure que l'eau de l'aquifère profond sous le Bienwald est une eau très ancienne, de qualité supérieure et très bien protégée. La mise en place d'une gestion durable de cette ressource s'imposait, en mettant l'accent sur les scénarios de prélèvement dans les périodes de pointe avec un approvisionnement en eau de Wisssembourg, et sur l'impact de ces prélèvements sur les niveaux aquifères situés au-dessus. Un programme de monitoring a été mis au point pour suivre l'évolution piézométrique et pour établir les bilans hydrodynamiques tandis que les données de l'équilibre hydrologique observées ont été simulées à l'aide d'un modèle hydrodynamique simple à deux niveaux.

L'étude de la forêt du Bienwald 1999/2001 révèle que les recherches ont permis de démontrer la possibilité d'augmenter encore les prélèvements dans l'aquifère profond pour approvisionner Wisssembourg et que, par conséquent, le volume de prélèvement autorisé de 0,6 millions de m³/an pour le puits du Bienwald est toujours fondé. Sur la base de cette assertion, le « GöZ Wisssembourg/Bad Bergzabern » qui venait d'être créé, a mandaté un bureau d'études allemand et français pour la mise au point d'un concept d'alimentation en eau des communes du syndicat intercommunal de Bad Bergzabern et de la ville de Wisssembourg. La première pierre d'une future alimentation en eau transfrontalière était posée.

## **1.2 Aufbau und Betrieb der Verbundwasserversorgung “Grenzüberschreitender örtlicher Zweckverband Wissembourg – Bad Bergzabern“ (2001)**

Nachdem die Untersuchungen zum Wasser- vorkommen im UGWL abgeschlossen, der Zweckverband gegründet und die geplanten Maßnahmen genehmigt waren, wurde mit dem Bau der Verbundanlagen begonnen.

Kernstück der technischen Einrichtungen ist das Wasserwerk Steinfeld mit den Tiefbrunnen beim Wasserwerk und im Bienwald, die beide schon angeschlossen und in Betrieb waren, um das Rohwasser aus den UWGL entnehmen.

Im Wasserwerk steht eine Aufbereitungsanlage zur Verfügung, die das Rohwasser von den Bestandteilen Eisen, Mangan, Schwefelwasserstoff und aggressiver Kohlensäure befreit, so dass es in den vorhandenen Tiefbehältern gespeichert werden kann. Diese Einrichtungen standen dem Verbund zur Nutzung in begrenztem Maß zur Verfügung.

Um das aufbereitete Wasser nach Wissembourg zu bringen, wurden

- a) ein Pumpwerk-Neubau beim Wasserwerk Steinfeld errichtet,
- b) eine Druckleitung DN 200 zum Erdhochbehälter Schweigen-Rechtenbach verlegt, die dann als Fallleitung nach Wissembourg bis zum dortigen Tiefzonenbehälter weitergeführt wurde,
- c) in Wissembourg ein Hochzonenbehälter mit 1.300 m<sup>3</sup> Inhalt errichtet.

Das neue Pumpwerk ist ausgestattet mit 4 Stück Kreiselpumpen, die das aufbereitete Wasser aus den Tiefbehältern entnehmen und mit rd. 12 bar durch die Verbundleitung zum Hochbehälter Schweigen-Rechtenbach fördern.

Dieser Erdhochbehälter speichert in einer Kammer das Trinkwasser aus der Eigengewinnungsanlage der Ortsgemeinde Schweigen-Rechtenbach, die andere Wasserkammer wird als Zwischenspeicher für die Abgabe nach Wissembourg genutzt. Jede Wasserkammer weist einen Inhalt von 200 m<sup>3</sup> auf.

Die nach Wissembourg führende Fallleitung ermöglicht im Neubaugebiet Vignoble den Betrieb einer Hochzonerversorgung im Netz der Stadt aufgrund der Höhenlage des Erdhochbehälters.

Die neue Verbundleitung endet im Tiefzonenbehälter der Stadt Wissembourg, wo sich das zugeführte Wasser aus den eigenen Quellen

## **1.2 Structure et fonctionnement de la gestion transfrontalière de l'approvisionnement en eau « Groupe local de coopération transfrontalière Wissembourg – Bad Bergzabern » (2001)**

Une fois les études sur les ressources en eau potable dans l'aquifère profond terminées, le groupement créé et les mesures prévues approuvées, le projet a démarré avec la construction des installations d'interconnexion.

L'élément central des équipements techniques correspond à la station de captage de Steinfeld avec les puits profonds de Steinfeld et du Bienwald. Ces deux puits étaient déjà raccordés et opérationnels pour prélever l'eau brute de l'aquifère profond.

La station de pompage dispose d'une installation de traitement qui débarrasse l'eau brute de ses teneurs en fer, en manganèse, en sulfure d'hydrogène et en gaz carbonique agressif de manière à pouvoir être stockée dans les réservoirs enterrés prévus à cet effet. Ces réservoirs étaient à la disposition du groupement de manière restreinte. Pour acheminer l'eau traitée vers Wissembourg

- a) une station de captage neuve a été construite près de la station de Steinfeld,
- b) une conduite DN 200 a été amenée jusqu'au réservoir surélevé de Schweigen-Rechtenbach d'où l'eau est acheminée à Wissembourg jusqu'au réservoir de zone basse dans une conduite gravitaire,
- c) un réservoir surélevé d'une contenance de 1.300 m<sup>3</sup> a été construit à Wissembourg.

La nouvelle station de pompage est équipée de 4 pompes centrifuges qui prélevent l'eau traitée dans les réservoirs enterrés et la transportent, à environ 12 bars, jusqu'au réservoir surélevé de Schweigen-Rechtenbach à travers la conduite d'interconnexion.

L'eau potable provenant de l'installation de captage propre à la commune de Schweigen-Rechtenbach est stockée dans une des chambres du réservoir surélevé, l'autre chambre servant de tampon pour l'approvisionnement de Wissembourg. Chaque chambre a une contenance de 200 m<sup>3</sup>.

La conduite gravitaire menant à Wissembourg permet d'alimenter la Z.U.P. de Vignoble en zone haute par le réseau de la ville en raison de l'altitude du réservoir surélevé.

La nouvelle conduite d'interconnexion se termine dans le réservoir de zone basse de la ville de

mit dem Trinkwasser aus den Tiefbrunnen vermischt. Mit dem Tiefzonenbehälter wird das Tiefzonennetz der Stadt versorgt. In der Vorkammer des Tiefzonenbehälters wird noch eine Pumpenanlage vorgehalten, mit der Wasser zum Hochbehälter der Hochzone durch eine Gegendruckleitung gefördert wird. Dieser Hochzonenbehälter war Bestandteil des neuen Verbundes und wurde mit 1.300 m<sup>3</sup> Inhalt neben einem Zentralbehälter des Wassersyndicats Mixte erstellt. Aus diesem Zentralbehälter kann die Stadt ebenfalls Wasser für die Hochzone ihres Versorgungsnetzes beziehen.

### **Leistungsdaten:**

#### **Wasserwerk Steinfeld / Station de captage de Steinfeld**

##### **Förderleistung der Brunnen / Débit des puits:**

- aus dem Unteren Grundwasserleiter / aquifère profond:	
Brunnen III WW Steinfeld / puits III WW Steinfeld	55 m <sup>3</sup> /h
Brunnen III (Bienwaldbrunnen) / puits III (Bienwald)	100 m <sup>3</sup> /h
- aus dem Mittleren Grundwasserleiter / aquifère médian:	
Versuchsbrunnen W II WW Steinfeld / puits d'exploration W II WW Steinfeld	70 m <sup>3</sup> /h

##### **Aufbereitungsanlage / Installation de traitement:**

Reinwasserspeicher / Réservoir d'eau pure	1 x 500 m <sup>3</sup> außen / extérieur
	2 x 50 m <sup>3</sup> innen / intérieur

##### **Pumpenleistung für Wissembourg / Prélèvements pour Wissembourg:**

Verbundleitung:	Länge 10.500 m, DN 200, PN 10 – PN 25
Conduite d'interconnexion:	Longueur 10.500 m, DN 200, PN 10 – PN 25

### **Beurteilung:**

Die Tiefbrunnen liefern ausreichend Rohwasser, um den gegenwärtigen Bedarf abzudecken. Die Wasseraufbereitungsanlage war bei hohem Bedarf an der Belastungsgrenze. Die Reinwasserbehälter sind für Spitzen- oder Notversorgung nicht ausreichend bemessen. Die Pumpenanlagen können den künftigen Bedarf nach Wissembourg fördern und die Verbundleitung ist hierfür geeignet.

Seit 2001 wird Wasser aus Steinfeld nach Wissembourg gefördert. Die Anlage K 4, Blatt 1 – Übersichtslageplan der wasserwirtschaftlichen Anlagen und der Anhang 6 A 6.1.1 – Entnahmografik zeigen die Versorgungsstruktur und die jährliche Abgabemenge über die Verbundleitung nach Wissembourg. Die Abgabemenge liegt im Durchschnitt seit 2002 bei rd. 100.000 m<sup>3</sup>/a mit Ausnahme einer Maximalmenge von 179.861 m<sup>3</sup> im Jahr 2006, als im Eigenbetrieb der Stadt ein Störfall anstand.

Wissembourg où l'eau provenant des captages propres à la ville se mélange à l'eau potable du puits profond. Le réservoir enterré permet d'approvisionner le réseau de zone basse de la ville. Dans la préchambre du réservoir de zone basse, une pompe permet de transporter l'eau jusqu'au réservoir surélevé de la zone haute par refoulement. Le réservoir de zone surélevée faisait partie intégrante du nouveau réseau. D'une contenance de 1.300 m<sup>3</sup>, il a été installé à côté d'un réservoir central du syndicat mixte. La ville a la possibilité de prélever de l'eau de ce réservoir central pour alimenter en eau la zone haute de son réseau d'approvisionnement.

### **Débits et capacités:**

### **Evaluation:**

Les puits profonds fournissent suffisamment d'eau brute pour couvrir les besoins actuels. En périodes de besoins accrus, la station de traitement de l'eau atteignait ses limites, les réservoirs d'eau pure n'étant pas suffisamment dimensionnés pour faire face à une alimentation de pointe ou de secours. Les stations de pompage sont en mesure de fournir les futurs besoins de Wissembourg. La conduite d'interconnexion est adaptée à ces besoins.

Depuis 2001, l'eau est transportée de Steinfeld à Wissembourg. L'annexe K 4, feuille 1 – Plan de situation des installations techniques et l'annexe A 6.1.1 – Graphique des prélèvements – illustrent la structure d'approvisionnement et le volume annuel fourni à Wissembourg par la conduite d'interconnexion. Le volume fourni en moyenne depuis 2002 est de l'ordre de 100.000 m<sup>3</sup>/a, excepté un volume maximal de 179.861 m<sup>3</sup> atteint en 2006, consécutif à une défaillance des captages propres.

Die technischen Anlagen der Verbundversorgung sind sowohl auf deutscher als auch auf französischer Seite mit Fernwirkanlagen ausgestattet und das Betriebspersonal steht untereinander in Verbindung. Über vorgegebene Daten erfolgt eine ständige Abgabe nach Wissembourg, die mit gegenseitigen Vorgaben eingestellt wird.

Das Wasserwerk Steinfeld stellt die benötigten Wassermengen aus den Tiefbrunnen beim WW Steinfeld und im Bienwald zur Verfügung. Im Wasserwerk wird das Rohwasser zu Trinkwasser aufbereitet, die Pumpengruppe Steinfeld fördert durchgehend die benötigten Wassermengen in das Verbundnetz Steinfeld mit den angeschlossenen Gemeinden. Die Pumpengruppe Wissembourg wird durch das Personal auf die benötigte Tagesmenge eingestellt und fördert in Abhängigkeit vom Wasserstand im Erdhochbehälter Schweigen-Rechtenbach die dort abgegebene Wassermenge nach.

Alle relevanten Daten in den Anlagen werden zu den Überwachungszentralen in Wissembourg bzw. zu den Verbandsgemeindewerken übertragen und aufgezeichnet.

Das Verbundsystem ist für den Versorgungsraum der Stadt und VG Bad Bergzabern aus der Karte K4, Blatt 1 und für den Versorgungsraum des Syndicat Mixte aus Karte K4, Blatt 2, ersichtlich.



Bienwaldbrunnen  
Puits du Bienwald

Les installations techniques du réseau d'approvisionnement sont équipées, côté allemand et côté français, de systèmes de télégestion et les personnels d'exploitation sont reliés entre eux. Le débit en direction de Wissembourg est permanent, les volumes étant déterminés en fonction des contraintes réciproques.

La station de pompage de Steinfeld fournit l'eau à partir des puits profonds de Steinfeld et du Bienwald. L'eau brute est traitée au sein de la station pour obtenir de l'eau potable, le groupe de pompage de Steinfeld transporte continuellement les quantités requises en direction du réseau d'interconnexion de Steinfeld avec ses communes raccordées. Le groupe de pompage de Wissembourg est réglé pour fournir le débit journalier nécessaire et complète le volume en fonction du niveau d'eau dans le réservoir surélévé de Schweigen-Rechtenbach.

Les données pertinentes des installations sont transmises aux syndicats intercommunaux ou aux centres de contrôle de Wissembourg où elles sont enregistrées.

Le système d'interconnexion du secteur d'alimentation de la ville et du syndicat intercommunal de Bad Bergzabern est représenté sur la carte K4, page 1, celui du secteur d'alimentation du Syndicat Mixte figure sur la carte K4, feuille 2.

### 1.3 Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm

Zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung innerhalb der VG Bad Bergzabern und der Verbundwasserversorgung „GöZ Wissembourg/Bad Bergzabern“ wurde von 1996 für den Bienwaldbrunnen ein Wasserrecht von 600.000 m<sup>3</sup>/a erteilt, für das Gewinnungsgebiet Steinfeld sollten die alten Wasserrechte in Höhe von 300.000 m<sup>3</sup>/a verlängert werden.

Grundlagen für die Vergabe der Wasserrechte im Bienwaldbrunnen waren ein 30 Tage dauernder Pumpversuch im Februar/März 2000 und darauf aufbauend Szenarienberechnungen mit einem Grundwassermodell. Aus den Modelluntersuchungen wurde ersichtlich, dass die Entnahmen aus dem artesisch gespannten tiefen Grundwasserleiter grundsätzlich möglich sind, wobei sich ein Beharrungszustand im UGWL erst nach langer Pumpzeit einstellen wird.

Tiefengrundwässer nehmen unter natürlichen Verhältnissen nur sehr langsam, oftmals nur in geologischen Zeiträumen, am Wasserkreislauf teil. Die Neubildung eines am Wasserkreislauf teilnehmenden Tiefengrundwassers erfolgt in einem meist nicht genau definierbaren Regenerationsgebiet. Die Grundwassererneubildung ist bei tief liegenden Grundwasserleitern relativ gering. Stärkere Wasserentnahmen können daher das Gleichgewicht des Grundwassersystems verändern. Insbesondere kommt es bei gespannten Vorkommen zu starken Druckabsenkungen. Da Tiefengrundwässer aber von kurz- und langfristigen Schwankungen der Grundwasserneubildungsrate nicht unmittelbar abhängig sind, können für begrenzte Zeiträume, z. B. zur Abdeckung des Wochen-Spitzenbedarfs in den Sommermonaten, stärkere Förderraten durchaus vertreten werden, solange das Grundwassersystem nicht auf lange Sicht überbeansprucht wird, d. h. die mittlere vieljährige Grundwassererneubildung im Regenerationsgebiet muss der mittleren vieljährigen Entnahmemenge entsprechen.

Im Grundwassermodell bzw. auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse bestanden noch Unsicherheiten bei der Bewertung der Grundwassererneuerung und des Regenerationsgebietes für den UGWL. Im Bericht 1999/2001 wird daher deutlich vorgegeben, dass eine Bewertung der Auswirkungen durch die Grundwasserentnahmen auf den Grundwasserhaushalt sowie die Ökologie des

### 1.3 Résultats du programme de suivi de nappe

Pour sécuriser l'alimentation en eau potable sur le long terme au sein de la communauté des communes de Bad Bergzabern et du réseau d'interconnexion « GöZ Wissembourg/Bad Bergzabern », un droit de captage pour 600.000 m<sup>3</sup>/an a été octroyé pour le puits du Bienwald; pour la zone de captage de Steinfeld, il est prévu de prolonger les droits qui sont de 300.000 m<sup>3</sup>/an.

L'octroi des droits de captage se justifie par un pompage d'essai de 30 jours dans le puits du Bienwald en février/mars 2000 suivi de scénarios pré définis à l'aide d'un modèle hydrodynamique. Les modélisations ont révélé que des prélèvements de l'aquifère artésien profond sont possibles, l'état d'équilibre n'étant atteint dans l'aquifère profond qu'après une longue période de pompage.

Dans des conditions naturelles, les eaux souterraines profondes ne participent que très lentement au cycle de l'eau, souvent uniquement lors de périodes géologiques. Le renouvellement d'une nappe profonde participant au cycle de l'eau intervient la plupart du temps dans une zone de régénération qui ne peut pas être définie avec précision. Le renouvellement de l'eau souterraine des aquifères profonds est relativement faible. C'est pourquoi les prélèvements importants peuvent modifier l'équilibre du système. C'est avant tout dans les nappes captives que l'on assiste à de fortes baisses du niveau. Les nappes profondes ne dépendent cependant pas directement des variations à court ou long terme du taux de renouvellement. Il est donc possible de prélever des quantités plus importantes dans des périodes limitées, par exemple pour couvrir la consommation de pointe hebdomadaire durant les mois d'été, tant que la nappe n'est pas trop sollicitée sur une longue période : le renouvellement pluriannuel moyen dans la zone de régénération doit correspondre à la quantité pluriannuelle moyenne prélevée.

En raison des conditions hydrogéologiques, quelques incertitudes persistaient dans le modèle quant à l'interprétation du renouvellement de la nappe et de la zone de régénération de l'aquifère profond. Le rapport 1999/2001 fixe donc clairement qu'une interprétation de l'impact des prélèvements sur le bilan hydrique et l'écologie du Bienwald doit se faire sur la base des résultats du suivi de la nappe.

Pour mettre en évidence l'impact des prélèvements sur le niveau piézométrique de l'aquifère profond, les données piézométriques de 5 piézomètres profonds (N° A III à E III, plan de

Bienwalds auf der Basis der Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm erfolgen muss.

Zur Verdeutlichung der Auswirkungen der Grundwasserentnahmen auf den Druckwasserspiegel des UGWL wurden die Ganglinien von fünf Tiefmessstellen (Messstellen Nr. A III bis E III, Lageplan Abb.1.2), die Entnahmen aus dem Bienwaldbrunnen und Brunnen III, Steinfeld sowie der durchschnittliche Gebietsniederschlag (REGNIE Daten des DWD) für den Zeitraum Januar 2000 bis Dezember 2009 in einer Grafik (Abb. 1.3) zusammengestellt.

Die Ganglinien der Tiefmessstellen zeigen zum einen den Einfluss aus der Grundwasserneubildung aus Niederschlag, zum anderen die deutlichen Auswirkungen der Grundwasserentnahmen auf den Druckwasserspiegel des UGWL.

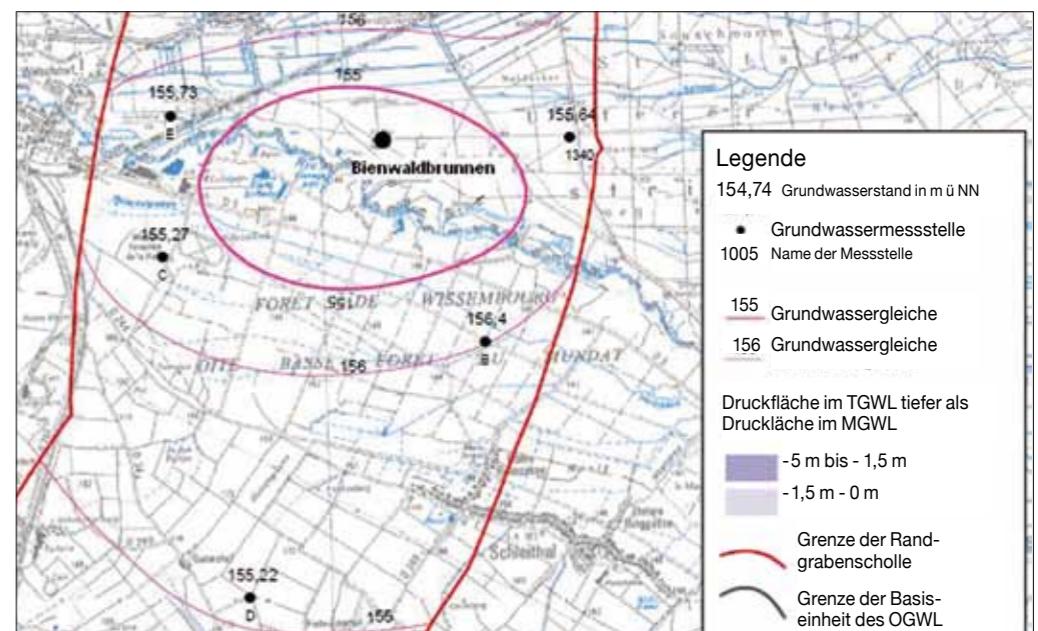
situation figure 1.2), les prélèvements du puits du Bienwald et du puits III de Steinfeld et les précipitations moyennes au niveau des sites (données REGNIE du DWD) pour la période comprise entre janvier 2000 et décembre 2009 ont été reportés sur un graphique (figure 1.3).

Les chroniques des piézomètres profonds montrent l'influence des précipitations efficaces d'une part, et les répercussions nettes des prélèvements sur le niveau piézométrique de l'aquifère profond d'autre part.



Wasserstandsmessung  
an einer Grundwasser-  
standsmessstelle  
Relevé piézométrique  
au niveau d'un piézomètre

**Abb. 1.2:**  
Grundwassergleichenplan  
im UGWL mit Lage  
des Bienwaldbrunnens  
und der Tiefmessstellen  
**Figure 1.2:**  
Lignes isopièzes  
dans l'aquifère profond  
avec la position du puits  
du Bienwald et  
des piézomètres profonds

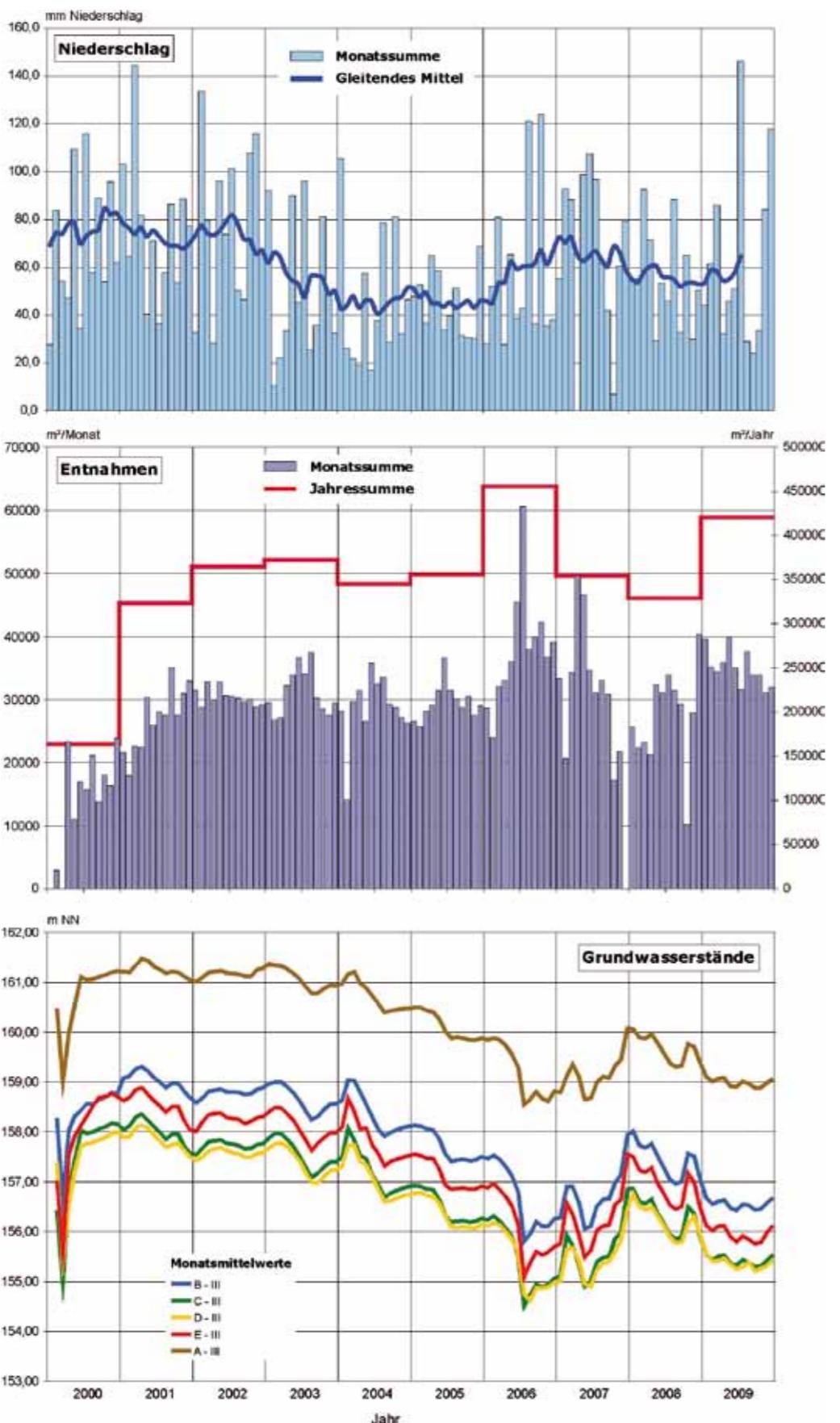


2000 bis 2002 lag der Niederschlag etwa gleich hoch, verbunden mit einer Jahresfördermenge von 300- 350 Tsd. m³/a bis zum Jahr 2005, liegen die abgesenkten Druckwasserspiegel in den fünf Messstellen bis zum Jahr 2003 auf einem etwa gleichbleibenden Niveau. Die defizitären Niederschläge im Trockenzeitraum 2003 bis 2005 wirken sich erst mit einem Zeitverzug von rd. einem Jahr auf die Grundwasserstände aus, so dass der Druckwasserspiegel erst ab 2004, meteorologisch bedingt, absinkt. Im Zeitraum 2006 bis 2009 fielen wieder deutlich mehr Niederschläge, so dass der Druckwasserspiegel in den Ganglinien wieder anstieg bzw. theoretisch auf einem Niveau blieb, aber durch Erhöhung der Grundwasserentnahmen in den Jahren 2006 und 2009 von rd. 350 auf bis zu 450 Tsd. m³/a deutlich abgesenkt wurde.

Die Auswirkung der monatlichen Entnahmengen bzw. ihre Schwankungsbreite sind unmittelbar, ohne Zeitverzug, in den Ganglinien erkennbar. Anfang 2000 erfolgte der Großpumpversuch im Bienwaldbrunnen mit einer Entnahmefähigkeit von 180 m³/h. Diese Menge würde einer Jahresentnahme von 1,58 Mio. m³ entsprechen. Der Druckwasserspiegel in den Messstellen fiel bis zu 4 Meter. Dagegen führte die Reduzierung der Entnahmen, wie z. B. in den Monaten Februar 2004 oder Dezember 2007 bzw. Oktober 2008, zum direkten Anstieg der Ganglinien. Die Jahresentnahmehöhung in 2006 und 2009 bzw. monatliche Spitzenentnahmen wie z. B. im Juli 2006 führten dagegen zu einem deutlichen Druckabfall.

Dans les années 2000 à 2002, les précipitations étaient grossièrement similaires ; avec un débit compris entre 300.000 et 350.000 m³/an jusqu'en 2005, la baisse des niveaux piézométriques des cinq piézomètres est quasiment constante. L'impact du déficit de précipitations dans la période de sécheresse de 2003 à 2005 sur les niveaux ne s'est fait sentir qu'après un an environ. Ainsi, du fait des conditions météorologiques, le niveau piézométrique n'a-t-il baissé qu'à partir de 2004. Dans la période de 2006 à 2009, les précipitations ont de nouveau été nettement plus importantes entraînant une remontée ou une stabilisation des niveaux dans les piézomètres ; cependant, l'augmentation des prélèvements dans les années 2006 à 2009 de 350.000 à 450.000 m³/an a entraîné un rabattement sensible.

L'impact des prélèvements mensuels ou de leur amplitude est visible instantanément dans les piézomètres. Le pompage d'essai à grande échelle dans la forêt du Bienwald, avec un débit de 180 m³/h, a eu lieu début 2000. Cette quantité correspondrait à un prélèvement annuel de 1,58 millions de m³. Le niveau piézométrique dans les piézomètres est descendu à 4 mètres. La réduction des prélèvements, en revanche, comme par exemple dans les mois de février 2004 ou décembre 2007 ou encore octobre 2008 ont entraîné une remontée immédiate des piézomètres. L'augmentation des prélèvements en 2006 et 2009 et les prélèvements de pointe mensuels, comme celui du mois de juillet 2006, ont quant à eux conduit à un rabattement sensible.



Das Monitoringprogramm läuft seit über zehn Jahren und als Ergebnis kann eindeutig festgestellt werden, dass

- die Entnahmen mit dem Bienwaldbrunnen und Brunnen III, WW Steinfeld aus dem UGWL (3. Grundwasserstockwerk) keine Auswirkungen auf den für die Ökologie wichtigen OGWL (1. Grundwasserstockwerk) haben,
- durch die Grundwasserentnahmen im UGWL ist der Druckwasserspiegel nach wie vor artesisch gespannt, d. h. der UGWL entwässert von unten nach oben über den MGWL in den OGWL (Fließvorgänge über einen Zeitraum von Jahrzehnte bis Jahrhunderte),
- die Grundwassererneuerung für den UGWL in der Vergangenheit überschätzt wurde und dementsprechend bei einer Entnahme von deutlich über 350.000 m<sup>3</sup>/a sich kein Beharrungszustand einstellt,
- Trockenperioden sich mit einem Zeitverzug von etwa einem Jahr auf die Grundwassererneuerung im UGWL auswirken.

Für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung ist auch in Zukunft die Fortführung des Monitoringprogramms notwendig. Das Monitoring dient der Überwachung des mengenmäßigen und chemischen Zustands des Grundwassers. Darüber hinaus liefert es weiterführende Aussagen zur Beurteilung des Einflusses von Grundwasserentnahmen auf die grundwasserabhängigen Landökosysteme.

La nappe est suivie depuis dix ans et en conclusion, on peut clairement considérer que

- les prélèvements du puits du Bienwald et du puits III, WW Steinfeld dans l'aquifère profond (3<sup>e</sup> niveau aquifère) n'ont pas d'impact important du point de vue écologique sur l'aquifère supérieur (1<sup>er</sup> niveau aquifère),
- par les prélèvements dans l'aquifère profond, le niveau piézométrique est toujours captif : l'aquifère profond draine de bas en haut, de l'aquifère médian vers l'aquifère supérieur (écoulements sur une période comprise entre des décennies et des siècles),
- le renouvellement de la nappe de l'aquifère profond a été surestimé dans le passé et que, par conséquent, l'état d'équilibre n'intervient pas dans le cas d'un prélèvement sensiblement supérieur à 350.000 m<sup>3</sup>/an,
- les périodes de sécheresse se répercutent sur le renouvellement dans l'aquifère profond un an plus tard environ.

Pour garantir une gestion durable des ressources en eau, le programme de monitoring doit être poursuivi dans l'avenir. Le suivi de la nappe sert au suivi de l'état quantitatif et chimique de l'eau souterraine. Il fournit aussi des éléments sur l'interprétation de l'influence des prélèvements sur les écosystèmes terrestres tributaires de l'eau souterraine.

## 2. Veranlassung für das Projekt INTERREG IV A

### Motivation pour le projet INTERREG IV A

#### 2.1 Neue Fragen, das Projekt entsteht

Aus den Ergebnissen des unter Kapitel 1.3 beschriebenen Monitoringprogramms der vergangenen 10 Jahre, ergaben sich zwangsläufig weitere Fragen hinsichtlich einer auf die Zukunft gerichteten nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung. Die Abnahme der Druckpotenziale im UGWL wurde zwar nicht als besorgniserregend eingestuft, denn nach wie vor liegt im Umfeld des Bienwaldbrunnens der Druckwasserspiegel im Unteren Grundwasserleiter über dem freien Wasserspiegel des Oberen Grundwasserleiters. Die Erkenntnis, dass sich im Entnahmegrundwasserleiter bei erhöhten Entnahmen kein Beharrungszustand einstellt und auch Trockenperioden sich auf die Grundwasserneubildung im UGWL negativ auswirken, ließ eine gewisse Sensibilität des Aquifers erkennen. Daraus resultierte letztendlich die Frage nach seiner Vulnerabilität oder konkret:

**Lässt sich auf Dauer, also über viele Jahrzehnte hinweg, unter diesen hydrogeologischen und grundwasserhydraulischen Gegebenheiten eine nachhaltige Bewirtschaftung und Wasserversorgung aufrechterhalten?**

Die Beantwortung dieser Frage wurde immer drängender, denn mittlerweile war ein anderes Thema in den Mittelpunkt der umweltpolitischen Diskussion geraten- der Klimawandel. Seit dem extrem heißen Sommer 2003 wurde dieses Thema intensiver als sonst diskutiert und fand natürlich auch bei der Wasserwirtschaft ein Echo. Während in der Öffentlichkeit über die sichtbaren Wetterkapriolen, nämlich den extremen Hochwasser- und Niedrigwasserereignissen diskutiert wurde, konzentrierten sich Wasserversorger und Wasserbehörden darauf, wie sich die Klimaentwicklung auf das unsichtbare Gut „Grundwasser“ in Zukunft auswirken könnte. Die Ereignisse des Sommers 2003 hatten auch bei mehreren Wasserversorgern in der Pfalz die Belastungsgrenzen ihrer Versorgungsanlagen, vor allem in Spitzenbedarfszeiten, aufgezeigt. Zwar wurde nirgendwo ein Wassernotstand ausgerufen. Die bedrohlichen Engpässe, die durch

#### 2.1 Nouvelles questions, genèse du projet

Les résultats du suivi de la nappe des dix dernières années décrit au chapitre 1.3 ont obligatoirement soulevé d'autres questions quant à une gestion de l'eau durable, orientée vers l'avenir. La baisse des niveaux piézométriques dans l'aquifère profond n'a certes pas été considérée comme inquiétante car dans les environs du puits du Bienwald, le niveau dans l'aquifère profond est toujours supérieur à la nappe libre de l'aquifère supérieur. La connaissance du fait que les prélèvements accusés dans l'aquifère n'entraîne pas d'état d'équilibre et que les périodes de sécheresse ont également un effet négatif sur le renouvellement dans l'aquifère profond fait apparaître une certaine sensibilité de l'aquifère. Il en résulte en fin de compte que l'on se pose la question sur sa vulnérabilité ou concrètement:

**Est-il possible, compte tenu de ces réalités hydrogéologiques et hydrodynamiques, de maintenir une gestion et une alimentation en eau durables ?**

La réponse à cette question est devenue une urgence car entre temps, un autre sujet était venu occuper le centre de la discussion de la politique environnementale: le changement climatique. Depuis l'été 2003, marqué par la canicule, ce sujet était discuté de manière plus approfondie et trouvait naturellement un écho dans la gestion de l'eau. Tandis que l'opinion publique s'interrogeait sur les caprices visibles du temps, à savoir les épisodes extrêmes d'inondation et de sécheresse, les distributeurs d'eau et les autorités compétentes se concentraient sur les répercussions que l'évolution climatique pourrait avoir sur ce bien invisible qu'est l'eau souterraine. Les événements de l'été 2003 avaient fait prendre conscience à plusieurs distributeurs d'eau du Palatinat des limites de leurs installations d'alimentation en eau, surtout dans les périodes de pointe. L'état d'urgence n'avait certes été déclaré nulle part mais les goulets d'approvisionnement alarmants provoqués par les consommations extrêmement élevées pouvaient parfaitement être considérés comme des alertes. Le groupement transfrontalier Wissembourg- Bad Bergzabern

die extrem hohen Spitzenverbräuche resultierten, konnten jedoch durchaus als Warnschuss aufgefasst werden. Auch beim grenzüberschreitenden Wasserverband Wissembourg- Bad Bergzabern wurden die Signale verstanden. Im ebenfalls heißen Sommer 2006 musste erheblich mehr Trinkwasser nach Wissembourg geliefert werden. Die beiden Tiefbrunnen waren durch technische Gründe an den Rand ihrer Leistungsfähigkeit angekommen und konnten nur noch mit verminderter Pumpleistung genutzt werden. Die Wasserversorgung Wissemourgs stützte sich über mehrere Wochen hinweg auf ihre Quellen im Mundatwald sowie auf die zusätzliche Lieferungen des Syndicat Mixte und natürlich auf die Verbundwasserlieferung der 2001 errichteten Verbindungsleitung zum Wasserwerk Steinfeld. Da die Quellen ebenfalls auf Grund der lange anhaltenden Trockenperiode stark in ihrer Schüttung nachließen und die Lieferung durch das Syndicat Mixte ebenfalls aus technischen Gründen eingeschränkt war, wurde die Hauptwassermenge von Steinfeld bezogen. Zu diesem Zeitpunkt wurde deutlich, wie wichtig der Zusammenschluss fünf Jahre vorher gewesen war. Die hohen Entnahmemengen zeigten aber auch Auswirkungen im artesisch gespannten Unteren Grundwasserleiter: die Druckpotenziale in den Tiefmessstellen gingen deutlich zurück.

Aufgrund der gegebenen Thematik fanden im Frühjahr 2007 mehrere Gespräche zwischen den Vertretern des GÖZ Wissembourg – Bad Bergzabern und der LAG statt. Einheitlicher Tenor war, die Wasserversorgung nicht nur für den Einzugsbereich des GÖZ für die Zukunft zu optimieren, sondern auch die Stadtwerke Bad Bergzabern und das Syndicat Mixte als Partner für ein neues Interreg-Projekt zu interessieren. Die LAG verdeutlichte die Notwendigkeit einer regionalen und überregionalen Kooperation zur nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung und Verteilung der Ressource Grundwasser auf der Grundlage der Ergebnisse der Bienwaldstudie und unter Berücksichtigung der vorhandenen Schwachstellen in der Versorgungsstruktur der Stadt Bad Bergzabern sowie des Syndicat Mixte. Für den Untersuchungsraum in dem die Gewinnungs- und Versorgungsgebiete der drei Unternehmen liegen, sollte auf der Grundlage von umfangreichen Datenerhebungen und Modelluntersuchungen eine Strategie zur zukünftigen Sicherstellung der Wasserversorgung für die Stadt Wissembourg, die VG Bad Bergzabern und die Stadt Bad Bergzabern konzipiert werden. Dabei sollte als Zielsetzung die Möglichkeit einer gegenseitigen Versorgung mit Trinkwasser in lang andauernden Spitzenverbrauchszeiten stehen.

a bien compris le message. Au cours de l'été 2006, également très chaud, le volume d'eau potable à fournir à Wissembourg était accru. Pour des raisons techniques, les deux puits profonds avaient atteint la limite de leur capacité et ne fonctionnaient plus qu'à débit réduit. Pour assurer l'alimentation en eau, Wissembourg s'approvisionnait, pendant plusieurs semaines, grâce aux sources de la forêt du Mundat et faisait appel au Syndicat Mixte ainsi qu'à l'interconnexion avec la station de Steinfeld, mise en place en 2001. Or, les sources affectées par la sécheresse persistante commençaient à baisser et le Syndicat Mixte s'est vu contraint de restreindre l'approvisionnement également pour des raisons techniques. Steinfeld est donc devenu le principal fournisseur de la ville. L'importance de la création du groupement cinq années auparavant est alors clairement apparue. Mais les grandes quantités prélevées ont également eu des impacts sur l'aquifère artésien profond les hauteurs avaient nettement baissé dans les piézomètres profonds.

Mobilisés par cette thématique, les représentants du GÖZ Wissembourg – Bad Bergzabern et du groupe de travail ont organisé plusieurs entretiens au printemps 2007. A l'unanimité, ils ont décidé non seulement d'optimiser l'alimentation en eau pour le bassin versant du GÖZ mais aussi d'intéresser les Stadtwerke Bad Bergzabern et le Syndicat Mixte en tant que partenaire d'un nouveau projet INTERREG. Le groupe de travail a insisté sur la nécessité d'une coopération tant au niveau régional qu'au niveau suprarégional pour garantir une gestion durable des ressources en eau et une distribution sur la base des résultats de l'étude du Bienwald en prenant en considération les points faibles existants dans la structure d'approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et du Syndicat Mixte. Il convient donc de mettre au point une stratégie de sécurisation de l'approvisionnement en eau de la ville de Wissembourg, des communes du syndicat intercommunal et de la ville de Bad Bergzabern pour la zone étudiée dans laquelle se trouvent les zones de captage et d'approvisionnement des trois entreprises, en collectant un maximum de données et en réalisant des modélisations ayant pour objectif la possibilité d'un approvisionnement réciproque en eau potable dans les périodes de pointe de longue durée.

Die Mitglieder der LAG waren sich einig, dass die Ergebnisse des zurückliegenden 10-jährigen Monitoringprogramms die Erschließung bzw. Bewirtschaftung eines weiteren Grundwasserleiters erforderlich machen. Auf Grund der hydrogeologischen Untergrundkenntnisse empfahl die LAG den Mittleren Grundwasserleiter (MGWL) zwischen Bad Bergzabern im Norden und dem französischen Mundatwald südlich der Lauter zu erkunden und für die Grundwassergewinnung verstärkt zu nutzen. Mit Beginn der Wasserversorgung wurde im Wasserwerk Steinfeld mit zwei Brunnen dieser Mittlere Grundwasserleiter bewirtschaftet. Erst in den 80er resp. 90er Jahren lösten die beiden artesischen Brunnen Steinfeld III und der Bienwaldbrunnen durch Entnahmen aus dem Unteren Grundwasserleiter die beiden mitteltiefen Brunnen als Hauptentnahmestellen ab. Nur in Spitzenzeiten wurde die Entnahme aus dem MGWL noch benötigt.

Dank der Zusage der neuen Kooperationspartner Stadtwerke Bad Bergzabern und Syndicat Mixte, konnten ab Oktober 2007 die Verhandlungen mit dem Interreg-Büro in Strasbourg über ein neues Interreg IVA – Projekt beginnen. Ein Arbeitstitel stand zu diesem Zeitpunkt schon fest: „**Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008 – 2030**“. Im Juni 2008 wurde das Projekt schließlich vom Interreg – Begleitausschuss genehmigt. Offizieller Beginn sollte der 1. September 2008 sein.

## 2.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die LAG schlug den Projektträgern bzw. Projektpartnern folgende Ausrichtung und Zielsetzung für den Projektinhalt vor:

„Das Projekt wird konsequent auf die Einhaltung klar definierter Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet. Ziel ist eine auf die Zukunft ausgerichtete Versorgungssicherheit, besonders in Zeiten mit sehr hohen Verbrauchsspitzen. In Anlehnung an die Enquete-Kommission der UN für die Agenda 21 werden von sechs Nachhaltigkeitskriterien drei angemessen dem Projekt unterlegt:

- 1 Eine ausgeglichene Wasserbilanz unter Berücksichtigung des Wasserbedarfs der Natur.
- 2 Die Erhaltung der Wasserzirkulation bei naturnahen Verweilzeiten zur Sicherung der Wasserbeschaffenheit (bzw. der damit verbundenen geogenen und biochemischen Prozesse) und der Grundwasserstände.

Les membres du groupe de travail étaient d'accord sur la nécessité de capter et/ou d'exploiter un aquifère supplémentaire compte tenu des résultats du programme de suivi de la nappe réalisé 10 ans auparavant. Se basant sur la connaissance hydrogéologique du sous-sol, le groupe de travail a recommandé d'explorer l'aquifère médian limité par Bad Bergzabern au nord et par la forêt du Mundat au sud de la Lauter et de le solliciter davantage pour l'approvisionnement en eau. Au début, la station de Steinfeld a exploité cet aquifère médian grâce à deux puits. C'est seulement à partir des années 80 et 90 que les deux puits artésiens Steinfeld III et Bienwald sont devenus, par les prélèvements dans l'aquifère profond, les principaux puits de prélèvement à la place des puits de moyenne profondeur. L'aquifère médian n'était sollicité qu'en périodes de pointe.

Grâce à l'engagement des nouveaux partenaires, les Stadtwerke Bad Bergzabern et le Syndicat Mixte, les négociations avec le bureau INTERREG de Strasbourg sur un nouveau projet INTERREG IVA ont pu démarrer. Le titre de travail avait déjà été trouvé à l'époque : «**Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du sud / Alsace du nord 2008 – 2030**». En juin 2008, le projet a finalement été validé par le comité d'accompagnement d'INTERREG. Le début du projet était fixé au 1<sup>er</sup> septembre 2008.

## 2.2 Contexte et objectifs

Le groupe de travail a proposé aux porteurs et partenaires du projet les objectifs et orientations suivants :

«Le projet est résolument tourné vers le respect de critères de durabilité clairement définis. L'objectif est d'obtenir une sécurité d'approvisionnement orientée vers l'avenir, notamment dans les périodes de très forte consommation. Par analogie à la commission d'enquête des Nations Unies pour l'Agenda 21, trois des six critères de durabilité sont retenus comme appropriés au projet :

1. Un bilan hydrique équilibré en prenant en considération des besoins en eau de la nature.
2. Le respect de la circulation de l'eau pour des temps de résidence proches de la nature pour préserver la qualité de l'eau (et les processus géogéniques et biochimiques qui y sont associés) et les niveaux d'eau.
3. Le renoncement à l'exploitation des eaux fossiles ou exploitation limitée dans le temps.

*D'après les résultats de l'étude PAMINA/Bienwald 1999/2001, la ressource examinée*

3. Keine bzw. zeitlich begrenzte Nutzung fossiler Grundwässer.

Nach den Ergebnissen der PAMINA/Bienwald-Studie 1999/2001 handelt es sich bei der betrachteten Ressource nicht um ein fossiles Grundwasser (Verweildauer unter 10.000 Jahre, KLOPPMANN, Seite 80). Zweifelsfrei handelt es sich aber um ein sehr altes Wasser, das eine sehr lange Verweildauer aufweist und sich nur sehr langsam erneuert. Aus diesem Grund bedarf es einer sehr ausgewogenen und schonenden Bewirtschaftungsweise, zumal sich durch die zwischenzeitlichen Datenauswertungen gezeigt hat, dass sich größere Entnahmehöhen über längere Zeiträume negativ auf die Druckpotenziale der tiefen Messstellen ausgewirkt haben. Daraus folgt, dass

1. Eine Grenzentnahme aus dem Unteren Grundwasserleiter definiert werden muss, die nur kurzfristig überschritten werden darf und
2. Zum Ausgleich bzw. zur Bedarfsdeckung die Entnahme aus einem anderen Grundwasserleiter zu erfolgen hat.

Dieser Grundwasserleiter kann im Untersuchungsraum nur das als „mitteltief“ bezeichnete zweite Grundwasserstockwerk sein, welches im Entnahmebereich durch den Versuchsbrunnen W II Steinfeld bereits erschlossen ist.

Hierfür ist ein Untersuchungsprogramm zu erstellen, dessen Inhalt einen weiteren Schwerpunkt des Pflichtenhefts ausmachen wird (Anzahl und räumliche Lage tiefendifferenzierter Messstellen, Pumpversuche, Wasseruntersuchungen etc.). Weiterhin soll im angenommenen GW-Neubildungsgebiet die Ankoppelung an den oberflächennahen ersten Grundwasserleiter nachgewiesen werden. Die gewonnenen Informationen sind bei der Aktualisierung des GrundwassermodeLLs zu berücksichtigen. Aus den Modellergebnissen lassen sich dann mögliche Szenarien für eine Optimierung der Grundwasserentnahmen aus mehreren Gewinnungsanlagen und aus unterschiedlichen Grundwasserleitern entwickeln.

Während sich die Auswirkungen der Entnahme aus dem artesischen dritten Grundwasserleiter mittlerweile annähernd genau nachvollziehen lassen, müssen für eine angestrebte Entnahme aus dem zweiten Grundwasserleiter wiederum Bewertungsindikatoren als Grundlage zur Nachhaltigkeit herangezogen werden. Dazu können fünf von sieben Wirkungsbereiche von Grundwasserentnahmen nach der Matrix von MULL & HOLLÄNDER, 2002) unterlegt werden:

*n'est pas de l'eau fossile (temps de résidence inférieur à 10.000 ans, KLOPPMANN, page 80). Il s'agit, en revanche, d'une eau très ancienne qui présente un temps de résidence très long et qui ne se renouvelle que très lentement. Il est donc nécessaire de mettre en place un mode d'exploitation extrêmement équilibré et soucieux de durabilité, d'autant que l'interprétation des données obtenues entre temps a montré que l'augmentation sensible des prélèvements sur de longues périodes a des répercussions négatives sur les niveaux des piézomètres profonds. Il en résulte*

1. qu'il est indispensable de définir une limite de prélèvement dans l'aquifère profond qui ne doit être dépassée que pour une courte durée et
2. que pour couvrir les besoins ou pour compenser, l'eau doit être prélevée dans un autre aquifère.

*Dans la zone étudiée, cet aquifère ne peut être que le second niveau aquifère «moyennement profond», déjà capté par l'ouvrage WII sur le site de Steinfeld.*

*Pour cela, un programme d'études doit être élaboré dont le contenu sera une pierre d'angle supplémentaire du cahier des charges (nombre et emplacement des piézomètres installées à différentes profondeurs, etc.). Il sera également nécessaire de déterminer si une connexion existe avec l'aquifère superficiel. Les informations recueillies devront être prises en considération pour la mise à jour du modèle hydrodynamique. Il sera envisageable, à partir des résultats obtenus par la modélisation, d'élaborer des scénarios possibles pour une optimisation des prélèvements dans plusieurs captages et différents aquifères.*

*Tandis que nous connaissons à présent les répercussions des prélèvements de l'aquifère artésien de manière approximative, nous devons, pour pouvoir effectuer des prélèvements dans le deuxième aquifère, nous servir d'indicateurs d'évaluation de la durabilité. Pour cela, nous pouvons nous fonder sur cinq des sept champs d'application des prélèvements selon la matrice de MULL & HOLLÄNDER, 2002) :*

1. Volume des prélèvements par rapport à la recharge
2. Influence des prélèvements sur d'autres utilisations de l'eau
3. Modification du ruissellement vers les eaux de surface
4. Répercussions sur la végétation naturelle dépendante des eaux souterraines

**1. Größenordnung der Grundwasserentnahme im Verhältnis zur Neubildung**

**2. Einflussnahme auf weitere Wassernutzungen durch die Entnahme**

**3. Veränderung des Abflusses in Oberflächen Gewässern**

**4. Auswirkungen auf die natürliche grundwasserabhängige Vegetation**

**5. Auswirkungen auf die Wasserversorgung von Kulturpflanzen.**

Mögliche Szenarien sollen mindestens drei Bewirtschaftungs- bzw. Betriebsabläufe nachbilden:

a) Die gleichmäßige Bewirtschaftung des Entnahmegeriebtes unter „normalen“ Bedingungen (alltägliche bekannte Tagesspitzenzeiten außerhalb von Trockenperioden)

b) Kurzfristig auftretende Tagesspitzen

c) Hoher Wochenbedarf in längeren Trockenperioden (drei bis sechs Wochen und länger)

Während kurze Spitzenverbrauchswerte durch Speicherbewirtschaftung ausgeglichen werden und somit technischen Kriterien unterworfen sind, können lang andauernde hohe Entnahmemengen ggf. zu Beeinträchtigungen des Grundwasserhaushalts und der Natur führen. Nach den bis heute zur Verfügung stehenden Kenntnissen über die zukünftige globale Klima- bzw. Temperaturrentwicklung, muss davon ausgegangen werden, dass auch in unseren Breiten sich die Zahl der Sommertage und der sehr heißen Tage deutlich erhöhen wird. Als vorläufige Prognose bzw. Anhaltspunkte können die Ergebnisse der KLIMA-Studie (Klimawandel und Wasserwirtschaft) dienen, die unter anderem für den Bereich Karlsruhe (49° Breitengrad) folgende Aussagen liefert (bezogen auf den Zeitraum 2021-2050\*\*):

a) Die Anzahl der Sommertage ( $T > 25^{\circ}\text{C}$ ) wird deutlich steigen (von über 55 Tagen im Jahr\* auf über 80\*\*)

b) Die Anzahl der heißen Tage ( $T > 30^{\circ}\text{C}$ ) wird teilweise um das Doppelte zunehmen (von 15 Tagen im Jahr\* auf über 30 Tage\*\*)

\* Mittelwerte 1971-2000

\*\* Zeitraum 2021-2050

Das Untersuchungsgebiet zwischen Wissembourg und Bad Bergzabern liegt auf demselben Breitengrad wie Karlsruhe, sodass die Prognosen auch hier als Anhaltspunkte übernommen werden können.

**5. Répercussion sur l'alimentation en eau des cultures.**

Des scénarios possibles devront simuler au moins trois processus de gestion ou d'exploitation:

a) L'exploitation homogène de la zone de prélèvement dans des conditions „normales“ (heures de pointe journalières connues en dehors des périodes de sécheresse)

b) Les pointes journalières de courte durée

c) Les besoins hebdomadaires élevés dans les périodes de sécheresse (trois à six semaines et plus)

Tandis que les consommations de pointe de courte durée peuvent être compensées par la gestion des réservoirs et sont, de ce fait, soumises à des critères techniques, les prélèvements importants sur une longue durée peuvent entraîner un déséquilibre du bilan hydrique et de la nature. D'après les connaissances dont nous disposons à l'heure actuelle sur l'évolution globale du climat et des températures, nous devons considérer que le nombre des jours d'été et des jours très chauds augmentera nettement aussi dans nos latitudes. Les résultats de l'étude KLIMA (changement climatique et gestion de l'eau) peuvent servir de pronostic provisoire et de points de repère. Cette étude fournit entre autres les éléments suivants (rapportés à la période de 2021 à 2050\*\*) pour la région de Karlsruhe (49° latitude):

a) Le nombre des jours d'été ( $T > 25^{\circ}\text{C}$ ) augmentera nettement (de plus de 55 jours par an à plus de 80\*\*)

b) Le nombre des jours très chauds ( $T > 30^{\circ}\text{C}$ ) doublera parfois (il passera de 15 jours par an\* à plus de 30 jours\*\*)

\* moyennes 1971-2000

\*\* période 2021-2050

La zone étudiée entre Wissembourg et Bad Bergzabern se situe sur la même latitude que Karlsruhe. Ces pronostics peuvent donc servir de points de repère pour la présente étude.

**Zusammengefasster gibt sich folgender Projektinhalt:**

**1. Hydrogeologie und Grundwasserhydraulik**

1.1. Untersuchung des 2. Grundwasserleiters (MGWL) durch Neueinrichtung von Grundwassermessstellen mit begleitenden hydraulischen und hydrochemischen Untersuchungen

1.2. Pumpversuch am Brunnen Steinfeld II im zweiten Grundwasserstockwerk.

1.3. Anpassung des grundwasserhydraulischen Modells an den dreischichtigen Aquiferaufbau, Kalibrierung und Auswertung der Ergebnisse sowie Rechenläufe ausgewählter Entnahmeszenarien.

**2. Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung**

2.1 Aufarbeitung und Aktualisierung der vorhandenen Wasserbilanzen bzw. Prognoserechnungen zum Trinkwasserbedarf

2.2 Bewertung des vorhandenen und zukünftigen Wasserdargebots von Grund- und Quellwasser

2.3 Bewertung der vorhandenen Speicherbewirtschaftung

2.4 Bewertung der vorhandenen Leitungsstruktur

2.5 Bewertung der vorhandenen Aufbereitungskapazitäten

2.6 Bedarfsdeckung gegenwärtig und zukünftig durch Optimierung der Wasserversorgungsstruktur im Untersuchungsraum

**3. Maßnahmen zum Schutz der Grundwasserressourcen**

3.1 Vorschlag zur Ausweisung eines grenzüberschreitenden WSG mit den erforderlichen Überprüfungen hinsichtlich störenden Anlagen, etc.“

Mit Erreichung des Projektziels sollte den Projektbeteiligten eine Studie übergeben werden, die nicht nur die hydrogeologischen und hydraulischen Gegebenheiten bzw. Zusammenhänge aufzeigte, sondern in erster Linie darauf aufbauende Handlungsempfehlungen zur Optimierung der gesamten Wasserversorgung in den Versorgungsgebieten der Kooperationspartner zum Inhalt hat.

**En résumé, cela donne le contenu de projet suivant:**

**1. Hydrogéologie et hydrodynamique**

1.1. Etude du second niveau de l'aquifère (MGWL) par la mise en place de nouveaux piézomètres accompagnée par des études hydrologiques et hydrochimiques

1.2. Essai de pompage au niveau du puits de Steinfeld II dans le second niveau de l'aquifère.

1.3. Calage du modèle hydrodynamique au système constitué de trois couches aquifères et interprétation des résultats et calculs d'une sélection de scénarios de prélevement

**2. Gestion durable de l'eau**

2.1 Exploitation et mise à jour des bilans hydriques et pronostics existants sur les besoins en eau potable

2.2 Evaluation des ressources existantes et futures en eau souterraine et eau de source

2.3 Evaluation de la gestion des réservoirs existante

2.4 Evaluation de la structure d'interconnexion existante

2.5 Evaluation des capacités de traitement existantes

2.6 Couverture des besoins actuels et futurs par optimisation de la structure d'alimentation en eau dans la zone étudiée

**3. Mesures de protection des ressources en eau souterraine**

3.1 Proposition d'identification d'un périmètre de captage protégé (WSG) transfrontalier avec les vérifications nécessaires concernant les installations perturbatrices, etc.»

Lors de l'aboutissement du projet, une étude devait être remise à l'ensemble des participants, destinée non seulement à mettre en lumière la situation hydrogéologique et hydraulique et ses contextes mais surtout à inclure des recommandations d'action pour optimiser globalement l'alimentation en eau dans les zones concernées.

### 2.3 Untersuchungsumfang und Zeitplan

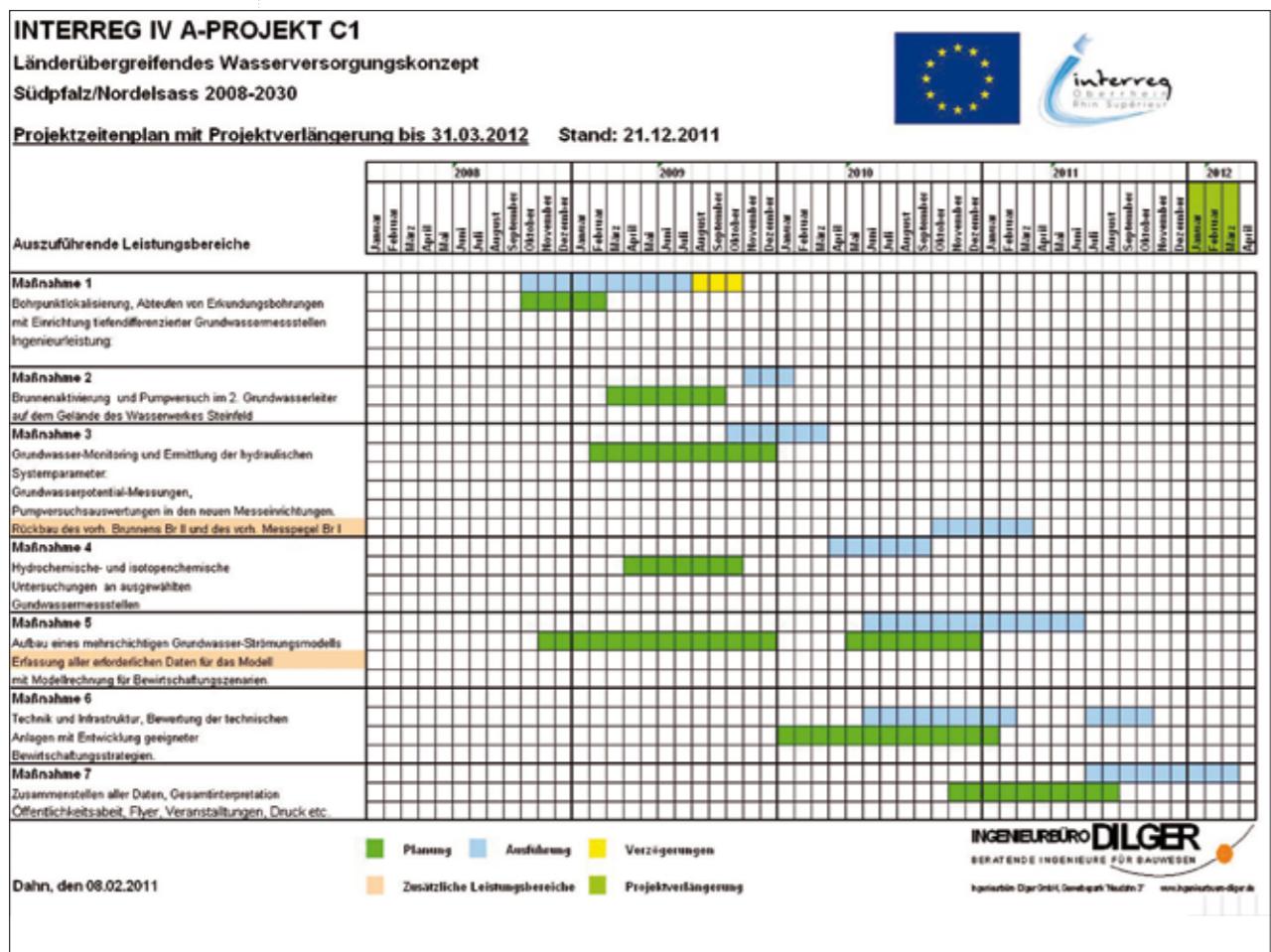
Aus den Vorgaben bzw. Empfehlungen wurden dann der detaillierte Untersuchungsumfang und der zeitliche Rahmen festgelegt (Abb. 2.1). Gleichfalls wurden die Kosten für die einzelnen Teilmaßnahmen ermittelt und prozentual auf die Projektbeteiligten umgelegt.

**Abb. 2.1:**  
Teilmaßnahmen und aktualisierter Bauzeitenplan vom Februar 2011  
**Figure 2.1:**  
Mesures partielles et calendrier actualisé de février 2011

### 2.3 Etendue de l'étude et calendrier

A partir des lignes directrices et recommandations, l'étendue de l'étude et le calendrier de réalisation ont ensuite été déterminés (figure 2.1). De même, le coût des différentes mesures partielles a été évalué et réparti proportionnellement entre les participants.

Le contenu du projet a été divisé en sept mesures partielles qui devaient être réalisées sur une durée de trois ans. Des événements imprévus au niveau de la mesure 1 « Construction de nouveaux piézomètres » et des modifications contractuelles au niveau de la mesure 5 « Modélisation » ont entraîné plusieurs corrections du calendrier.



## 3.

# Neue Erkenntnisse zur Geologie und Hydrogeologie Connaissances nouvelles sur la géologie et l'hydrogéologie

Um die Trinkwasserversorgung der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern und der Stadt Wissembourg langfristig sicherzustellen vereinbarten die beiden Kommunen im Jahr 1997, das durch den Bienwaldbrunnen und die Brunnen im Wasserwerk Steinfeld verschlossene Grundwasservorkommen zu untersuchen mit dem Ziel einer gemeinsamen, grenzübergreifenden Bewirtschaftung. Die Untersuchungen sowie der erforderliche Ausbau des Versorgungsnetzes wurden von den beiden Kommunen mit Unterstützung der Europäischen Union im Rahmen des Programms INTERREG II-PAMINA finanziert und in der „Bienwaldstudie“ im Jahr 2001 veröffentlicht [1].

Der Untersuchungsraum umfasst die dem Pfälzerwald und den Vogesen vorgelagerten Grenzregionen der Südpfalz und des Nordelsass. Im Fokus der wasserwirtschaftlichen Untersuchungen stand der durch die Tiefbrunnen Bienwald und Steinfeld verschlossene artesisch gespannte Untere Grundwasserleiter [2, 3]. Die geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnisse wurden in dem „Hydrogeologischen Strukturmodell Bienwald“ vom Geologischen Landesamt im Auftrag der VG Bad Bergzabern erarbeitet und im Jahr 2001 vorgelegt. Eingearbeitet wurden die Bohrergebnisse der neu eingerichteten Grundwassermessstellen, Pumpversuchsergebnisse sowie hydrochemischen Untersuchungen des Grundwassers. Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Es lassen sich mehrere Störungen nachweisen, die den jüngeren pliozänen Schollenbau bestimmen. Sie können drei unterschiedlichen Hauptrichtungen zugeordnet werden. Ein SW-NE und SSW-NNE verlaufendes Störungssystem markiert den Grabeneinbruch an der Haustrandverwerfung. Es trennt das Randgebirge von den schmalen tertiären Randschollen.

Afin de garantir l'alimentation en eau des communes du syndicat intercommunal de Bad Bergzabern et de la ville de Wissembourg à long terme, les deux communes ont convenu en 1997 d'étudier le gisement capté par le puits du Bienwald et les puits de la station de captage de Steinfeld pour exploiter ensemble cet aquifère transfrontalier. Les études ainsi que le développement nécessaire du réseau d'approvisionnement ont été financés par les deux communes avec le soutien de l'Union Européenne dans le cadre du programme INTERREG II-PAMINA et publiés dans « L'Etude des ressources en eau de la forêt du Bienwald » en 2001 [1].

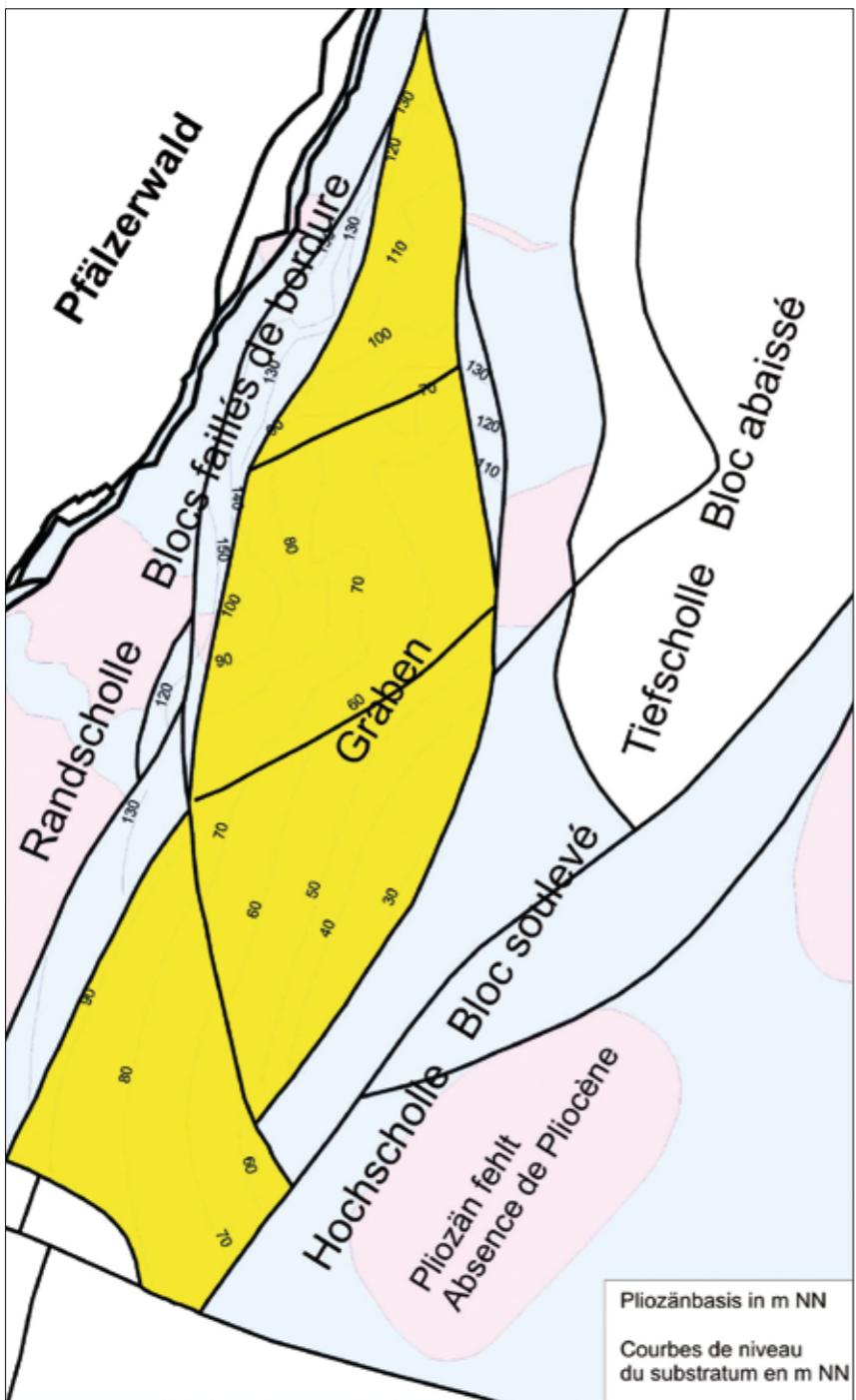
La zone étudiée comprend les régions frontalières du Palatinat du sud et de l'Alsace du nord dans le piémont du Pfälzerwald et des Vosges. L'aquifère artésien profond [2, 3] capté par les puits profonds de la forêt du Bienwald et de Steinfeld occupe le centre du débat des études hydrologiques. Les conditions géologiques et hydrogéologiques du sous-sol ont été déterminées dans le « Modèle de structure hydrogéologique de la forêt du Bienwald » par le Geologisches Landesamt pour le compte de la Verbandsgemeinde Bad Bergzabern et présentées en 2001. Dans cette étude, ont été intégrés les résultats des forages des nouveaux piézomètres, les résultats des essais de pompage ainsi que ceux des études hydrochimiques de l'eau souterraine. Ces résultats peuvent être résumés comme suit :

On note la présence de plusieurs failles qui déterminent la formation des blocs du pliocène récent. Elles peuvent être attribuées à trois directions différentes. Un système de faille SW-NE et SSW-NNE marque l'effondrement du fossé au niveau de la faille bordière principale. Il sépare les chaînes bordières des blocs faillés de bordure tertiaires.

A l'est, des failles parallèles forment, en maillage avec des failles transversales SW-NE et NW-SE,

Östlich dazu gelegene Parallelstörungen bauen in Vergitterung mit SW-NE und NW-SE verlaufenden Querstörungen eine in Grabenrichtung angeordnete Hochscholle auf. Zwischen den Randschollen und der Hochscholle konnte sich ein pliozäner Randgraben / Senke ausbilden, der / die durch Querstörungen treppenartig nach Süden versetzt wird. Nach Norden keilt der Graben auf Höhe des Klingbaches aus, im Süden mündet er jenseits einer Abschiebung, die parallel zu der W-E streichenden Pechelbronner Störung verläuft, in das Hagenauer Becken (Abb. 3.1).

Abb. 3.1:  
Tektonische Gliederung  
der „Bienwald-Studie“,  
2001  
Figure 3.1:  
Structure tectonique de  
l'étude "Bienwald", 2001



un bloc soulevé en direction du fossé. Entre les blocs faillés de bordure et le bloc soulevé, un fossé de bordure / bassin pliocène s'est formé qui est déporté vers le sud en forme de gradins par des failles transversales. En direction du nord, le fossé disparait à hauteur du Klingbach; au sud, il débouche, au-delà d'une faille normale qui est parallèle à la faille de Pechelbronn W-E, dans le bassin de Haguenau (figure 3.1).

Innerhalb des Grabens liegt auf dem älteren Tertiär eine pliozäne Sand-Kiesschicht (Untere Schichtenfolge, USF). Sie stellt den wasserwirtschaftlich bedeutsamen Untergrundwasserleiter (UGWL) dar, der durch einen mächtigen, hydraulisch trennenden Ton-Schluff-Horizont (UZH) abgedeckt wird.

Die darüberliegende mittlere und obere Schichtenfolge (MSF, OSF) beinhaltet mehrere grundwasserleitende (MGWL, OGWL)- und geringleitende (OZH) Horizonte (Abb. 3.2). Die Schichteinheiten konnten innerhalb des Grabens sowohl nach Norden und Süden als auch zu den Grabenflanken im Westen und Osten in allen Bohrungen, wenn auch in unterschiedlicher Tiefenlage und wechselnder lithologischer Ausbildung sowie mit unterschiedlichen Mächtigkeiten angetroffen werden und scheinen im gesamten Grabenbereich vorhanden zu sein, was auch durch die hydraulischen und hydrochemischen Befunde gestützt wird [3].

A l'intérieur du fossé, se trouve une couche de sable et de gravier pliocène (séquence sédimentaire inférieure, USF). Elle représente l'aquifère profond, intéressant en termes d'approvisionnement en eau, sous une couverture de limon argileux épais de séparation hydraulique.

Les séquences sédimentaires médiane et supérieure, situées au-dessus, comprennent plusieurs horizons aquifères (aquifères médian et supérieur) et des horizons faiblement aquifères (horizons intermédiaires supérieurs) (figure 3.2). Ces interfaces géologiques ont été repérées à l'intérieur du fossé aussi bien en direction du nord et du sud qu'en direction des flancs de fossé à l'ouest et à l'est dans l'ensemble des forages, et ce à des profondeurs et à des épaisseurs différentes. Elles semblent être présentes dans toute la zone du Fossé comme en attestent les diagnostics hydrauliques et hydrochimiques [3].

Abb. 3.2:  
Hydrogeologische  
Gliederung der  
Schichtenfolge und  
Umsetzung in  
den Modellaufbau der  
Grundwassermodelle  
2001 und 2011

Figure 3.2:  
Structure hydrogéologique  
de la séquence sédimentaire et transposition dans  
la structure des modèles  
hydrodynamiques 2001  
et 2011

Schichten Séquence	Aquifer/Aquiclude Aquifère/ Aquiclude	Stratigraphie	Lithologie	Mächtigkeit/ épaisseur	GW-Modell 2001	GW-Modell 2011
					Modèle hydrodyn.	
OSF	Aquifer I / OGWL	Quartär/Pleistozän Quaternaire/ Pliostocène	mittel-bis grobkörnige Sande, sables moyens à grossiers	max. 15 m	OGWL	OGWL
	Aquifer I	Pliozän/Pliocène		max. 15 m		
	Zwischenschicht / Intercalaire	Quartär/Pleistozän Quaternaire/ Pliostocène	mehrere Lagen mit hohem feinkörnigen Anteil, im Mittelbereich durchgängig / plusieurs couches à fort % de fines, continues en zone centrale	einige Meter	Schicht 1 couche 1	
MSF	Aquifer II / MGWL	Tertiär/Pliozän Tertiaire/Pliocène	Fein und Mittelsande, Zwischen- lagen von Silt, org. Mat., durchgängig / sables fins à moyens, intercalaires de limons, mat. org., niveau continu		MGWL	
	Zwischenschichten / UZH Intercalaires	Tertiär/Pliozän Tertiaire/Pliocène	Tone und Silte, geringer Kalkanteil, durchgängig / argiles et limons, faible % de calcaire, niveau continu	6 - 20 m		UZH Schicht 2 couche 2
UZH	Aquifer III / UGWL	Tertiär/Pliozän Tertiaire/Pliocène	mittel-bis grobkörnige Sande, org. Material, durchgängig / sables moyens à grossiers, mat. org., niveau continu	7 - 20 m	Schicht 3	UGWL couche 3
t	Aquiferbasis Substratum	Tertiär/Tertiare (Miozän/Oligozän)	Tone, Tonmergel, Tonsteine, Siltsteine, Kalksteine Argile, marnes, argile et limons, calcaire	einige 100 m qqqs.	t	UGWL

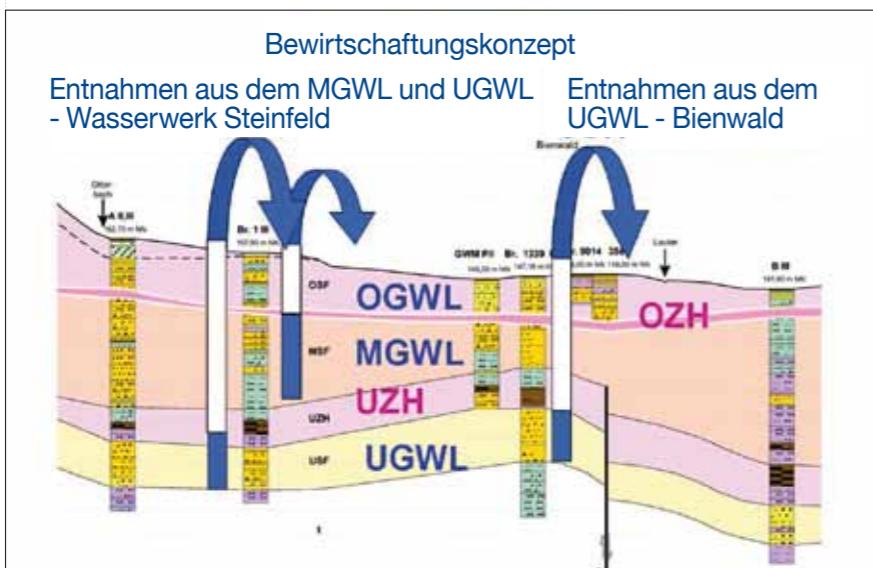
Ein dreidimensionales Modell, das die Verbreitung der hydrogeologischen Einheiten im Untergrund beinhaltet, wurde durch ein Netz von Profilschnitten über die tieferen Bohrungen erzeugt. Für die maßgebenden Schichtuntergrenzen wurden anschließend Schichtlagerungskarten konstruiert. Beispielhaft ist die Basisfläche des Pliozän (= Oberfläche Substratum) in Abb. 3.1 dargestellt.

Un modèle tridimensionnel qui comprend la distribution des interfaces hydrogéologiques dans le sous-sol a été généré par un réseau de coupes géologiques sur les forages profonds. Des cartes ont ensuite été créées pour les limites inférieures des couches significatives. À titre d'exemple, la surface de base du pliocène (= surface du substratum) est représentée à la figure 3.1.

Die durchgeführten Potenzialmessungen zeigten, dass der Untere Grundwasserleiter stark gespannt ist und im Kernbereich auf einer Fläche von ca. 25 km<sup>2</sup> artesische Verhältnisse aufweist. Die Fließrichtung verläuft generell von Norden nach Süden. Auch unter Entnahmeverbedingungen blieben im Kernbereich die artesischen Verhältnisse bestehen. Die hydrochemischen und isotopenchemischen Untersuchungen bestätigen die hydrogeologische Gliederung und die ermittelte Fließrichtung des tiefen Grundwassers. Mit dem Einsatz eines numerischen Grundwassermodells wurden die natürlichen Grundwasserverhältnisse nachgebildet und unterschiedliche Grundwasserentnahmen simuliert. Das hydrogeologische- wie das darauf aufgebaute grundwasserhydraulische Modell besteht aus drei Stockwerken. Wichtig für die modellmäßige Erfassung waren die grundwasserhydraulische Vorgänge im UGWL und die hydraulische Funktion des absperrenden UZH. Der gesamte höhere Teil der Schichtenfolge, bestehend aus MGWL, OZH und OGWL, wurde als zusammengefasste „Deckschicht“ in das Modell eingefügt (s. Spalte GW-Modell 2001 in Abb. 3.2).

Wasserwirtschaftliche Überlegungen, zusätzlich zu den Tiefbrunnenentnahmen aus dem UGWL (Br. Bienwald, Br. Steinfeld III und Tiefpegel Steinfeld III), zukünftig auch den MGWL mit entsprechenden Entnahmemengen in die Verbundwasserversorgung zu integrieren, erforderten die räumliche Erfassung der oberen Stockwerke (Abb. 3.3). Für eine Untergliederung des OGWL musste der OZH mit seiner Ober- und Unterfläche in das Modellsystem eingebaut werden. Als Ergebnis ergibt sich ein 5-schichtiger Aufbau der Lockergesteinseinheiten (s. Spalte GW-Modell 2011 in Abb. 3.2).

**Abb. 3.3:**  
Bewirtschaftungs-  
konzept der Verbund-  
wasserversorgung  
**Figure 3.3:**  
Concept d'exploitation  
de l'alimentation en eau  
transfrontalière



Les piézométries effectuées ont montré que l'aquifère profond est fortement artésien et présente des conditions artésiennes dans la zone centrale sur une superficie d'environ 25 km<sup>2</sup>. L'eau s'écoule en général du nord vers le sud. Les conditions artésiennes dans la zone centrale avaient été conservées malgré les prélèvements. Les études hydrochimiques et isotopiques confirment la structure et le sens d'écoulement de l'eau de l'aquifère profond. L'utilisation d'un modèle hydrodynamique numérique a permis de reconstituer les conditions hydrologiques naturelles et de simuler différents scénarios de prélèvement. Le modèle hydrogéologique, tout comme le modèle hydraulique obtenu à partir de ce dernier, est constitué de trois niveaux. Les processus hydrauliques dans l'aquifère profond et la fonction hydraulique de l'intercalaire profond sont d'une grande importance pour la modélisation. La partie supérieure de la séquence, constituée de l'aquifère médian, de l'intercalaire supérieur et de l'aquifère supérieur, a été intégrée au modèle sous l'appellation « couverture géologique » (voir colonne modèle hydrodynamique 2001 dans figure 3.2).

L'intégration envisagée de l'aquifère médian dans le réseau d'interconnexion, avec des débits appropriés, en plus des prélèvements dans l'aquifère profond (Bienwaldbrunnen, Brunnen Steinfeld III et piézomètre profond Steinfeld III) a nécessité le captage spatial des niveaux supérieurs (figure 3.3). Pour une subdivision de l'aquifère supérieur, il était nécessaire d'intégrer l'intercalaire supérieur avec ses faces supérieure et inférieure dans le modèle. Le résultat correspond à une structure à 5 niveaux des séries sédimentaires (voir colonne modèle hydrodynamique 2011 dans la figure 3.2).

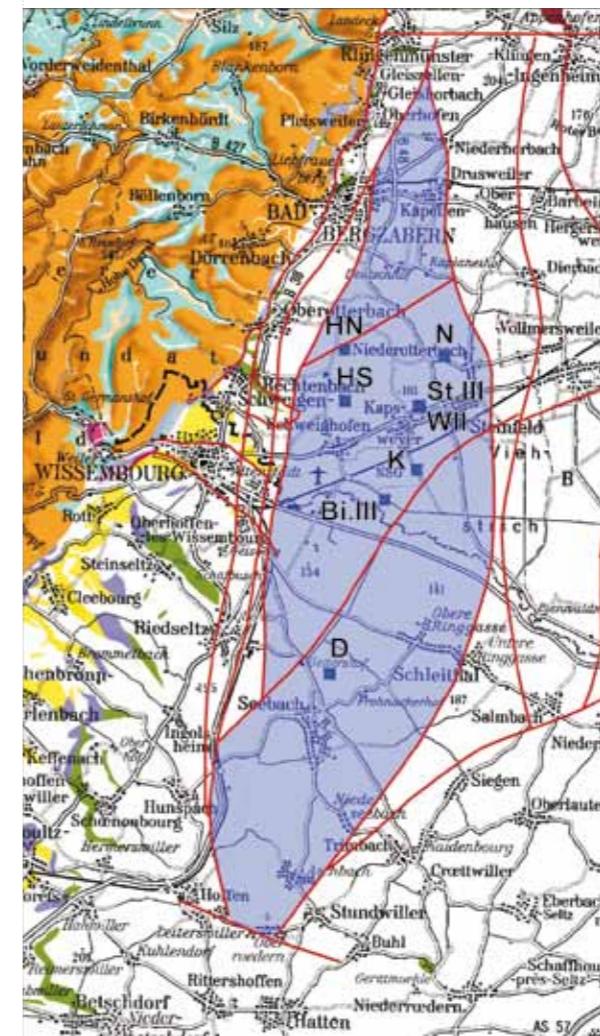
### 3.1 Bohrprogramm

Im Jahr 2010 wurden 5 neue Aufschlussbohrungen bis zur Basis der pliozänen Lockergesteine abgeteuft und nach Auswertung der Bohrproben und der geophysikalischen Bohrlochvermessung zu Mehrfach-Grundwassermessstellen in getrennten Bohrlöchern (OGWL, MGWL und UGWL) ausgebaut (Abb. 3.4). Ziel war es festzustellen, inwieweit die bestehende hydrogeologische Gliederung bestätigt werden kann und um entsprechende Raumdaten zur Konstruktion der Schichtunterflächen zu erhalten. Als Ersatz für die mitteltiefen Brunnen im Wasserwerk Steinfeld wurde eine Versuchsbrunnen (WII) eingerichtet, zusätzlich im OGWL die Flachmessstelle W I, wenige Meter neben der WII. Die alten Brunnen wurden anschließend zurückgebaut bzw. verschlossen, da aufgrund geringerer Absperrtiefen hydraulische Verbindungen zum OGWL nicht ausgeschlossen werden konnten und infolge des altersbedingten Zustands der Brunnen eine, für den geplanten Langzeitpumpversuch erforderliche, kontinuierliche Grundwasserentnahme nicht gewährleistet war.

### 3.1 Programme de forage

En 2010, cinq nouveaux forages ont été réalisés jusqu'à la base des sédiments meubles pliocènes et équipés, après l'interprétation des échantillons et le levé géophysique du forage, en piézomètres multiples dans des forages séparés (aquifères supérieur, médian et profond) (figure 3.4). L'objectif était de déterminer dans quelle mesure la structure hydrogéologique se confirmait et d'obtenir des données spatiales sur la construction des faces inférieures des couches. Pour remplacer les puits de moyenne profondeur sur le site de Steinfeld, un puits d'exploration (WII) a été aménagé, et le piézomètre de la nappe supérieure W a été construit en plus dans l'aquifère supérieur, à quelques mètres du piézomètre WII. Les anciens puits ont été démantelés ou fermés car des connexions hydrauliques avec l'aquifère supérieur n'étaient pas exclues en raison des faibles profondeurs d'arrêt et l'état des puits dû à leur âge ne permettant pas de garantir les prélèvements continus nécessaires pour l'essai de pompage longue durée.

**Abb. 3.4:**  
Randgraben mit den  
Bohrstandorten  
**Figure 3.3:**  
Fossé de bordure  
avec les sites de forage



Folgende neue Bohrstandorte wurden festgelegt:

- Am Standort D auf französischer Seite: Errichtung der mitteltiefen GWM DII.
- Am Standort A am Otterbach: Errichtung der flachen GWM AI.
- Am Standort bei der GWM K I am Sportplatz von Kapsweyer: Errichtung der mitteltiefen GWM KII
- Neuer Standort westlich von Niederrotterbach: Errichtung einer tiefen GWM im UGWL; ausgeführt wurden eine mitteltiefe Messstelle im MGWL und eine tiefe Messstelle im UGWL.
- Neuer Standort Haftelhof-Süd (HS) in der westlichen Randzone/Grundwasserneubildungsbereich mit der Errichtung einer mitteltiefen Messstelle im MGWL und einer tiefen Messstelle im UGWL.
- Neuer Standort Haftelhof-Nord (HS) in der westlichen Randzone/Grundwasserneubildungsbereich mit der Errichtung einer 3-fach Messstelle im OGWL, MGWL und UGWL.

Die gesamte Bohrdokumentation zu den neuen Bohraufschlüssen und dem Messstellen ausbau einschließlich Bohrlochgeophysik, Pumpversuchsauswertungen sowie hydrochemischer – und isotopenchemischer Untersuchungen findet sich in den Anhängen -A1 und A2. In den Bohrprofilen ist die hydrogeologische Gliederung als Grundlage für das aktualisierte 3D-Untergrundmodell wiedergegeben. Die wesentlichen Ergebnisse werden in dem folgenden Kapitel behandelt.

### 3.2 Hydrogeologischer Untergrundaufbau

Die hydrogeologische Gliederung an den neuen Bohraufschlüssen konnte grundsätzlich in das vorhandene räumliche Untergrundmodell integriert werden. Für den UGWL ergeben sich Änderungen hinsichtlich der Tiefenlage und der Mächtigkeitsverteilung. In das 3D-Modell konnte die notwendige Differenzierung im höheren Teil der Schichtenfolge (MGWL, OZH, OGWL) überführt werden. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass hierfür nur wenige neue Bohrpunkte (s. o.) zur Verfügung stehen (Abb. 3.5).

Les nouveaux sites de forage étaient les suivants:

- Sur le site D côté français : construction du piézomètre de moyenne profondeur DII.
- Sur le site A au niveau du ruisseau Otterbach : construction du piézomètre de la nappe supérieure AI.
- Sur le site du piézomètre K I au niveau du Sportplatz de Kapsweyer : construction du piézomètre de moyenne profondeur KII
- Nouveau site à l'ouest de Niederrotterbach : construction d'un piézomètre profond dans l'aquifère profond; ont été réalisés un piézomètre de moyenne profondeur dans l'aquifère médian et un piézomètre profond dans l'aquifère profond.
- Nouveau site de Haftelhof-Süd (HS) dans la zone de bordure à l'ouest / zone d'alimentation de la nappe avec la construction d'un piézomètre de moyenne profondeur dans l'aquifère médian et d'un piézomètre profond dans l'aquifère profond.
- Nouveau site de Haftelhof-Nord (HS) dans la bordure de zone à l'ouest / zone d'alimentation de la nappe avec la construction d'un piézomètre triple dans les aquifères supérieur, médian et profond.

La documentation complète des nouveaux forages et de la construction des piézomètres, y compris la géophysique de forage, l'interprétation des essais de pompage ainsi que les études hydrochimiques et isotopiques est rassemblée dans les annexes A1 et A2. Dans les coupes des forages, la structure hydrogéologique est restituée comme base du modèle de sous-sol 3D actualisé. Les principaux résultats sont résumés dans le chapitre qui suit.

### 3.2 Structure hydrogéologique du sous-sol

D'une manière générale, la structure hydrogéologique des nouveaux forages a pu être intégrée dans le modèle 3 D existant. L'aquifère profond fait l'objet de changements concernant la profondeur et la répartition de l'épaisseur. La différenciation nécessaire dans la partie supérieure de la séquence sédimentaire (aquifère médian, intercalaire supérieur, aquifère supérieur) a pu être repris dans le modèle 3 D. Il convient cependant de tenir compte du faible nombre des points de forage disponibles (voir ci-dessus) (figure 3.5).

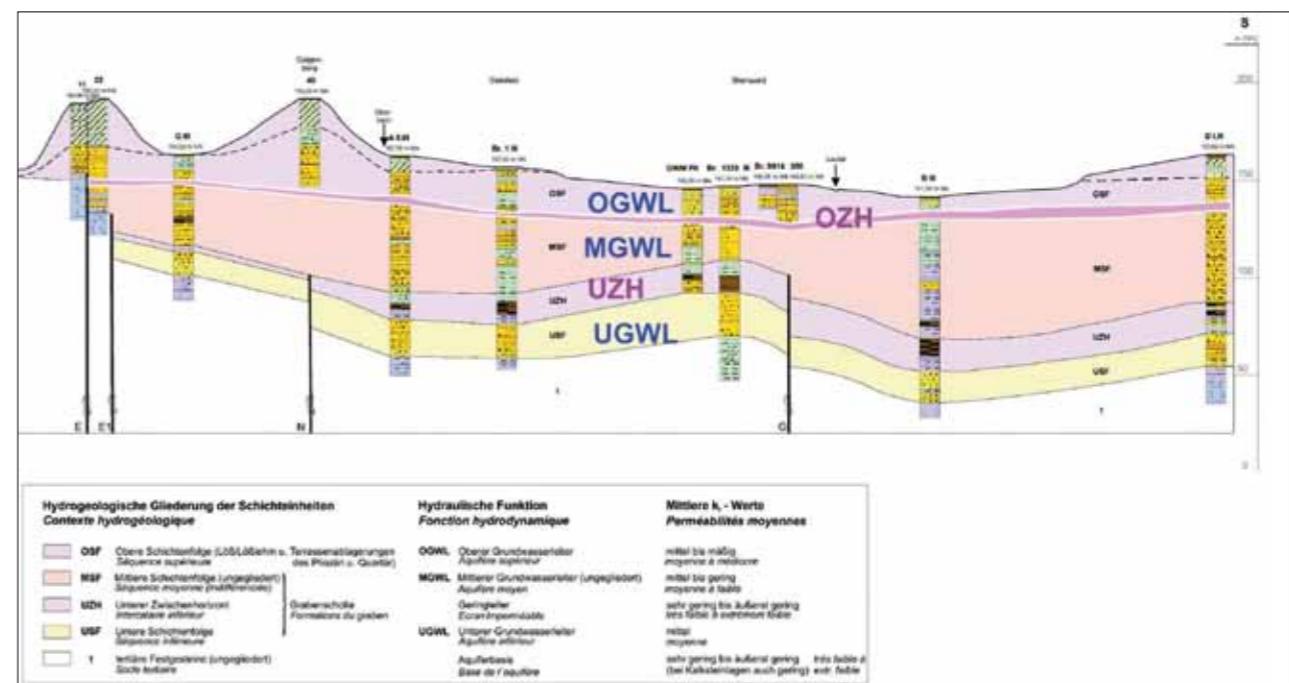


Abb. 3.5:  
Aktualisierter  
Hydrogeologischer  
S-N-Schnitt  
**Figure 3.5:**  
Coupe S-N  
hydrogéologique  
actualisée

#### Kurzbeschreibung der Bohrergebnisse, der hydrogeologischen Gliederung und des Messstellen-Ausbaus:

Am **Standort D** konnte im MGWL die mitteltiefe Messstelle **D II** in dem erwarteten Tiefenbereich eingerichtet werden.

Neben der bestehenden Flachmessstelle **K I** am Sportplatz von Kapsweyer wurden repräsentativ für den MGWL grundwasserführende Sande im Tiefenbereich zwischen ca. 30 und 40 m unter GOK erbohrt und in der **K II** verfiltert.

Am **Standort A** wurde problemlos die noch fehlende Flachmessstelle **A I** im OGWL nachgerüstet.

Alle drei Grundwasserstockwerke wurden am nordöstlichsten Bohrstandort **Haftelhof-Nord (HN I, HN II, HN III)** mit Messstellen erschlossen (s. Bohrdokumentation im Anhang-A2). Auffallend war hier die überwiegend sandig ausgebildete Schichtenfolge, mit ersten tonig-schluffigen Einschaltungen ab ca. 50 m unter GOK. Die unterhalb von 102 m Tiefe erbohrte grobsandig-kiesige Abfolge des UGWL (ausgebaut als HN III) ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Bohrlochgeophysik nur wenige Meter mächtig und liegt, wie bei allen Bohrungen, diskordant den Tonmergel des älteren Tertiär (Substratum) auf. Anhand mikropaläontologischer Untersuchungen konnten die wenigen Die von den anderen „Tiefmessstellen“ im UGWL bekannten Druckreaktionen konnten auch in der HN III gemessen werden und bestätigen somit die hydrogeologische Gliederung.

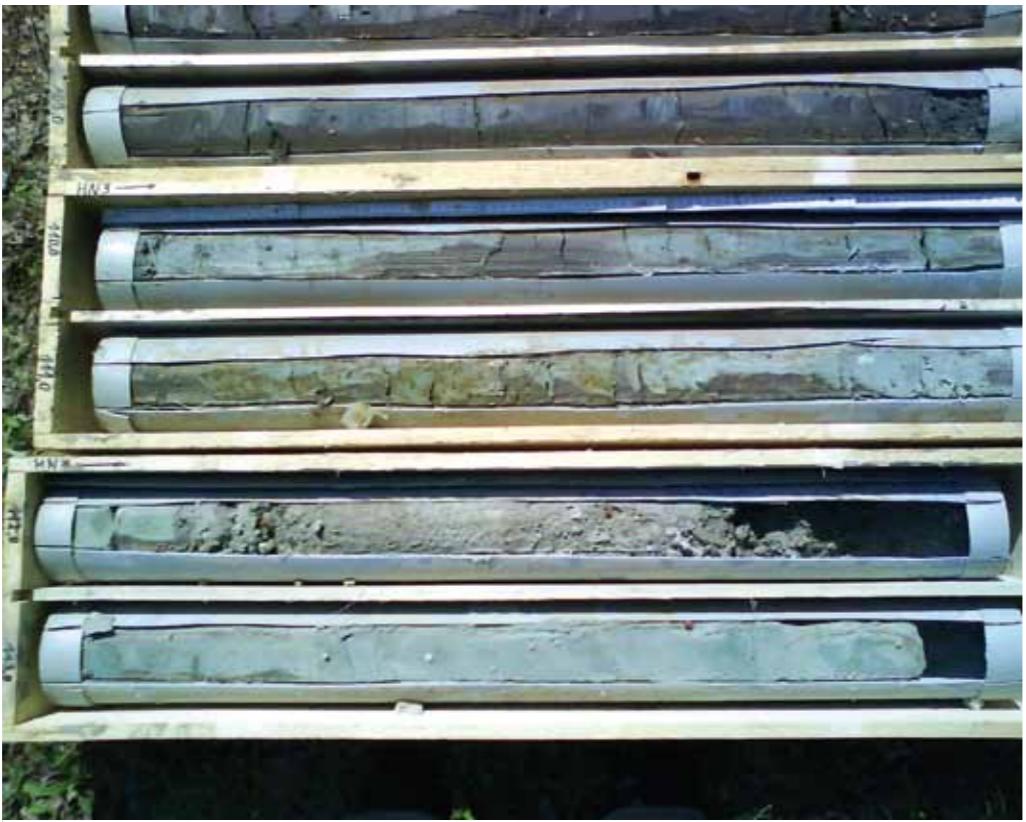
#### Synthèse des résultats des forages, de la structure hydrogéologique et de la construction des piézomètres:

Sur le **site D**, le piézomètre **D II** de moyenne profondeur a été implanté dans l'aquifère médian à la profondeur attendue.

En plus du piézomètre de la nappe supérieure **K I** au Sportplatz de Kapsweyer, un forage a été réalisé dans des sables aquifères de manière représentative pour l'aquifère médian à une profondeur comprise entre 30 et 40 m en dessous de la cote topographique; ces sables ont ensuite été crépinés dans le piézomètre **K II**.

Sur le **site A**, le piézomètre de la nappe supérieure **A I** manquant a été réalisé sans difficulté dans l'aquifère supérieur.

Les trois niveaux aquifères ont tous été captés avec des piézomètres au niveau du site de forage **Haftelhof-Nord (HN I, HN II, HN III)** situé le plus au nord-est (voir documentation de forage annexe A-2). Le plus marquant dans cette séquence sédimentaire tenait à sa composition majoritairement sableuse avec des premiers intercalaires argilo-limoneux à partir de 50 m environ en dessous de la cote topographique. La formation sablo-graveleuse de l'aquifère profond atteinte par le forage (captage HN III) ne dépasse pas quelques mètres d'épaisseur, ce qui correspond aux résultats de la géophysique de forage, et repose, comme pour tous les forages, sur les marnes tertiaires (substratum). Les études micropaléontologiques ont permis de classer ces marnes dans l'oligocène (cf. figure 3.6, carottes de sondage piézomètre **HN III**).



**Abb. 3.6:**  
Bohrkerne der Messstelle  
HN III von 110 bis 114 m u  
Gel. Übergang vom UGWL  
zur Basis des UGWL,  
bestehend aus  
Tonmergel-grün (Oligozän)

**Figure 3.6:**  
Carottes de sondage du  
piézomètre HN III de 110 à  
114 m en dessous de la cote topographique –  
passage de l'aquifère profond à la base de l'aquifère profond  
constituée de marnes – vert (oligocène)

Die zugehörige Flachmessstelle wurde in den sandig-kiesigen Otterbach-Ablagerungen bis 12 m Tiefe ausgebaut, die mitteltiefe Messstelle HN II erfasst den MGWL, aufgebaut von 31 bis 57 m aus Fein- bis Mittelsanden.

Am Standort **Haftelhof-Süd (HS)** steht die Messstelle im MGWL (**HS II**) bis in 82 m Tiefe unter GOK vorwiegend in Mittelsanden. Der UGWL (**HS III**) wird wieder durch eine basale, grobkörnige Sedimentation zwischen ca. 119 und 136 m gebildet. Darunter folgen die hart gelagerten sehr stark kalkhaltigen Tonmergel als Grundwassersohlschicht (Substratum).

Am **Standort N**, westlich von Niederrotterbach, musste von dem ursprünglichen Ausbaukonzept abgewichen werden. In dem erwarteten Tiefenbereich des UGWL waren gemäß den Bohrproben bis in 50 m Tiefe nur geringdurchlässige Schluffe bis schluffige Sande erbohrt worden. Die Vertiefung der Bohrung bis auf 68 m unter GOK erwies sich als richtig. Die Grobsand-Feinkiesabfolge unterhalb von 53 m konnte erfolgreich als **N III** für den UGWL ausgebaut werden. Im mitteltiefen Bereich (35 bis 45 m) wurde zusätzlich die MGWL Messstelle **N II** eingerichtet.

Der neue **Versuchsbrunnen W II im Wasserwerk Steinfeld** im MGWL wurde im Tiefenbereich zwischen 28 m und 63 m unter GOK mit 300er PVC-Filterrohren ausgebaut. Die Bohrproben

Les effets de pression connus des autres « piézomètres profonds » dans l'aquifère profond ont également été mesurés au niveau du piézomètre HN III et confirment ainsi la structure hydrogéologique. Le piézomètre de la nappe supérieure a été réalisé dans les dépôts sablo-graveux d'Otterbach jusqu'à 12 m de profondeur, le piézomètre de moyenne profondeur HN II capte l'aquifère médian, entre 31 et 57 m dans des sables mélangés.

Sur le site **Haftelhof-Süd (HS)**, le piézomètre dans l'aquifère médian (**HS II**) capte jusqu'à une profondeur de 82 m en dessous de la cote topographique, principalement dans des sables moyens. L'aquifère profond (**HS III**) est formé par un sédiment grossier basal entre 110 et 136 m. En dessous, se trouvent les marnes hautement calcaires très consolidées (substratum).

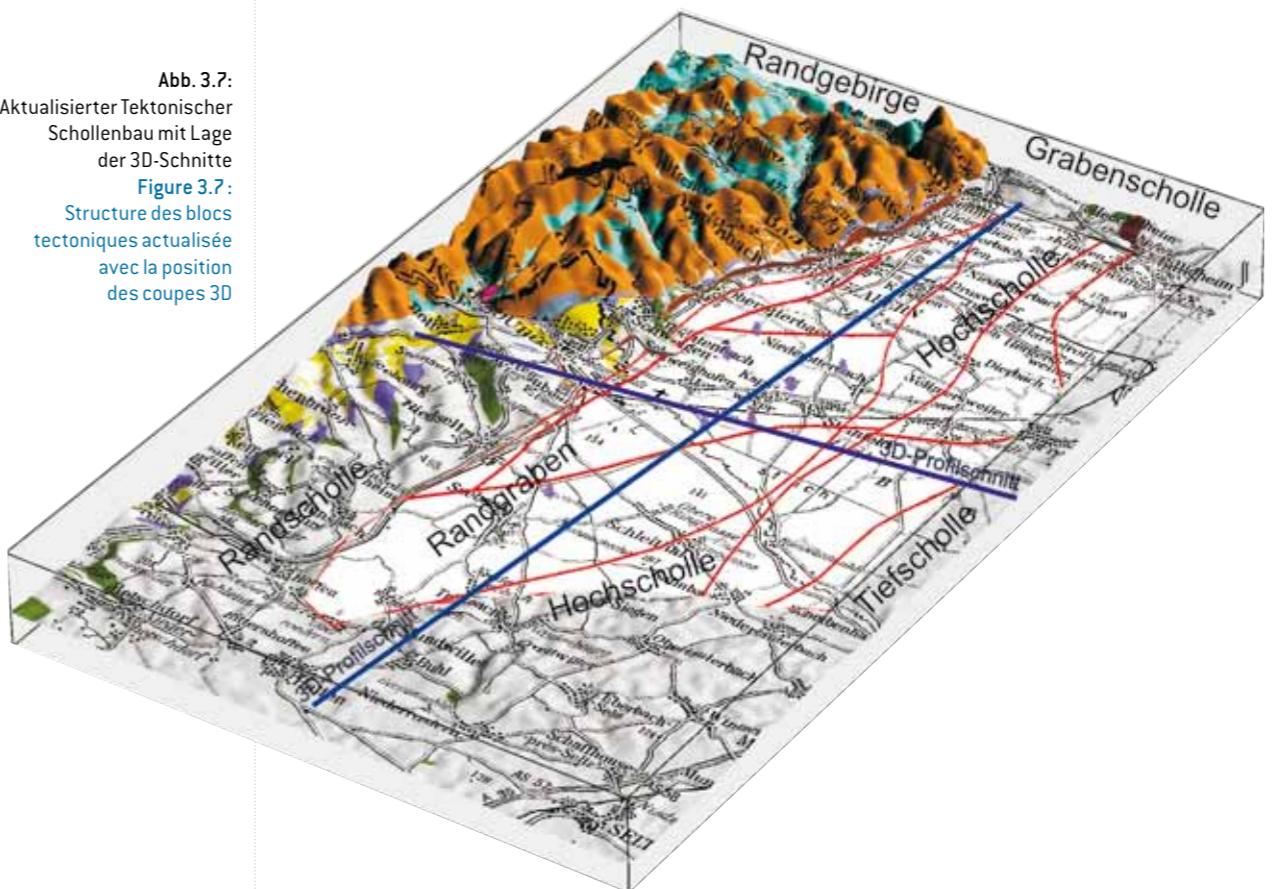
Sur le site **N**, à l'ouest de Niederrotterbach, le concept d'origine de construction a dû être modifié. D'après les échantillons de forage de 50 m de profondeur, le forage dans la profondeur attendue de l'aquifère n'a donné que des silts peu perméables et des sables silteux. L'approfondissement du forage à 68 m en dessous de la cote topographique s'est avéré juste. La série sable grossier-gravier fin en dessous de 53 m pouvait être captée avec succès par le piézomètre **N III** pour l'aquifère profond. Le piézomètre **N II** de l'aquifère moyen a été ajouté en moyenne profondeur (35 à 45 m).

von W II und des daneben errichteten **Flachpegel W I** belegen, dass keine durchgängige mächtige Trennschicht zum OGWL ausgebildet ist (lediglich 1m Ton in 13 -14 m Tiefe), so dass mit natürlichen, wasserwegsamen Verbindungen gerechnet werden muss (s. hierzu Pumpversuch W II, Kap.4.2).

Insgesamt kann auch der tektonische Schollenbau, der in der Bienwaldstudie 2001 erarbeitet wurde, bestätigt werden. Zwischen den tertiären Randschollen im Westen und einer tektonischen Hochscholle im Osten, ist ein signifikantes Senkungsgebiet mit mächtiger pliozäner Sedimentfüllung, das als pliozäner Randgraben beschrieben werden kann, ausgebildet. Östlich der Hochscholle taucht die Auflagerungsfläche der pliozänen Lockergesteine tiefer ab und leitet in die Zwischenscholle und Grabenscholle des Oberrheingrabens über (Abb.3.7).

**Le nouveau puits d'exploration W II de la station de captage de Steinfeld** dans l'aquifère médian a été réalisé entre 28 et 63 m de profondeur en dessous de la cote topographique avec des crépines en PVC 300. Les échantillons de forage de W II et du piézomètre de la nappe supérieure W I installé à côté démontrent l'absence d'une intercalaire épaisse perméable vers l'aquifère supérieur (seulement 1 m d'argile à 13 -14 m de profondeur). Il faut donc s'attendre à des connexions aquifères naturelles (voir pompage d'essai W II, chapitre 4.2).

Globalement, la structure de blocs tectoniques définie dans l'étude du Bienwald en 2001 se confirme également. Entre les blocs faillés de bordure à l'ouest et un bloc soulevé à l'est se situe une zone d'affondrement significative avec un remplissage de sédiment pliocène épais qui peut être décrit comme un fossé de bordure pliocène. A l'est du bloc soulevé, la surface de dépôt des roches meubles pliocènes descend plus bas et passe dans le bloc intermédiaire et dans le bloc abaissé du Fossé rhénan (figure 3.7).



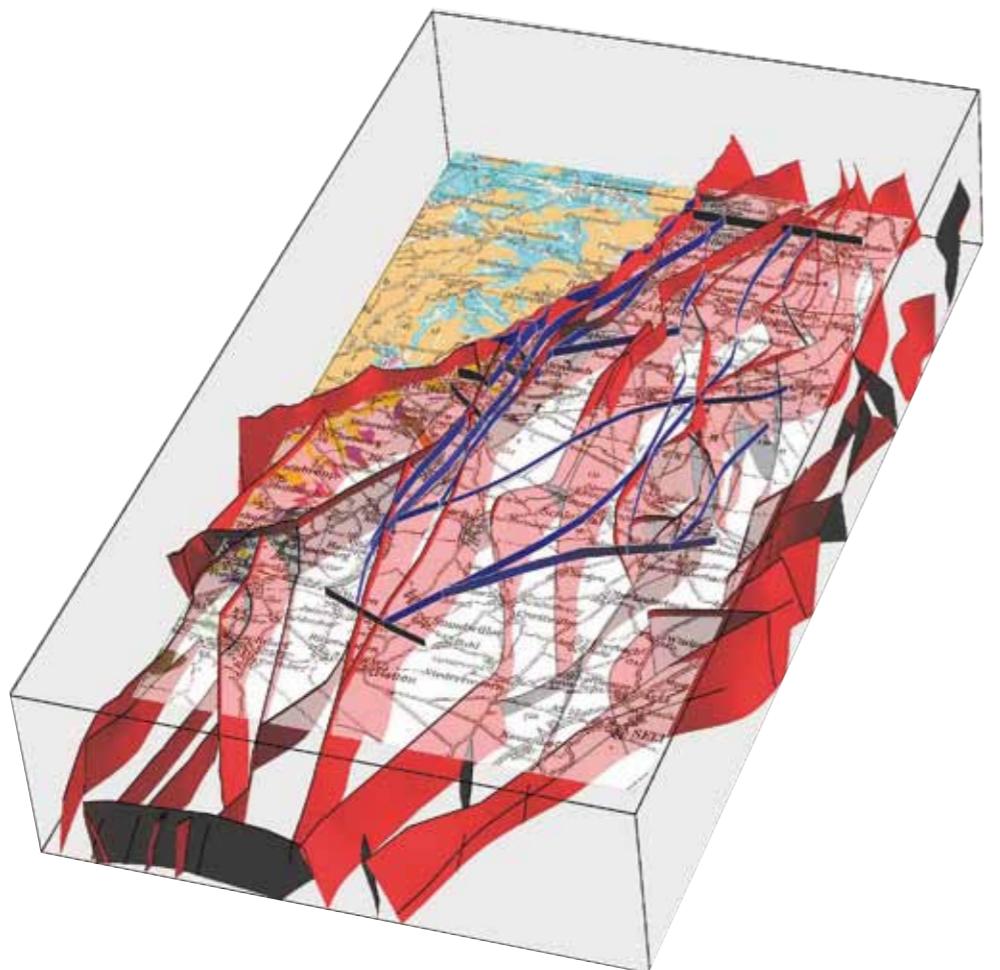
**Abb. 3.7:**  
Aktualisierter Tektonischer  
Schollenbau mit Lage  
der 3D-Schnitte

**Figure 3.7:**  
Structure des blocs  
tectoniques actualisée  
avec la position  
des coupes 3D

Korrekturen anhand der neuen Messstellen bzw. Bohraufschlüsse ergeben sich bereichsweise für den Verlauf der tektonischen Verwerfungen. Problematisch ist die Verknüpfung der jungen Störungszonen mit dem potenziellen Störungsinventar des älteren tertiären und mesozoischen Unterbaus. In dem bis Ende 2012 laufenden Interreg IV Projekt „Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben“ GeORG, wird ein großräumiges 3D-Untergrundmodell für den gesamten Oberrheingraben bis in mehrere km Tiefe innerhalb des Interreg-Raumes erarbeitet. Grundlage der Modellierung sind die Tiefbohrungen i. w. der KW-Industrie und 2D-Seismikprofile. Augrund des unterschiedlichen Bearbeitungsmaßstabes und der Aussagegenauigkeit bzw. Interpretierbarkeit der seismischen Profile in den obersten jungen Lockergesteinabfolgen, ist eine „direkte“ Verknüpfung bzw. Koppelung der jeweils interpretierten Störungen östlich der Randschollen nicht möglich. Gemeinsamkeiten und Abweichungen soll exemplarisch die Abb. 3.8 verdeutlichen.

D'après les nouveaux piézomètres et captages, des corrections du tracé des failles tectoniques sont nécessaires pour certains endroits. La difficulté est d'établir la relation entre les zones des failles récentes et l'inventaire du potentiel des failles du sous-sol tertiaire et mésozoïque. Dans le cadre du projet Interreg IV « Potentiels géologiques profonds du Fossé Rhénan Supérieur » GeORG, qui se termine fin 2012, un modèle de sous-sol 3D à grande échelle est élaboré pour le Fossé Rhénan Supérieur jusqu'à plusieurs kilomètres de profondeur dans l'espace INTERREG. La base de modélisation est fournie par les forages profonds de l'industrie des centrales électriques au sens large et les profils sismiques 2D. La différence des échelles, de la précision et de l'interprétabilité des profils sismiques dans les séries de sédiments meubles jeunes ne permet pas d'établir une relation « directe » entre les failles respectivement interprétées à l'est des compartiments faillés de bordure du Fossé. La figure 8 met en évidence les correspondances et différences à titre d'exemple.

**Abb. 3.8:**  
Tektonisches  
Störungsmuster  
im tieferen Unterbau  
(rot) und in den  
Lockergesteinen (blau)  
**Figure 3.8:**  
Configuration des failles  
tectoniques dans  
le sous-sol profond (rouge)  
et dans les sédiments  
meubles (bleu)



Angesichts der „Verknüpfungsschwierigkeit“ zwischen den erfassten oberflächennahen Störungen und den in den Seismiken interpretierten tieferen Strukturen im Untersuchungsgebiet, werden für das nachfolgend vorgestellte 3D-Untergrundmodell die aus Abb. 3.7 ersichtlichen tektonischen Elemente in den Lockergesteinen, die schlüssig aus den Bohrergebnissen sowie den hydraulischen Untersuchungen abgeleitet werden können, zugrunde gelegt. Die Problematik der unterschiedlichen Störungselemente wurde erkannt, ist aber in der an der jüngeren Lockergesteinschichtenfolge orientierten Studie nicht eingehender zu behandeln („Aufiedern“ bzw. „Aufspaltung und Reduktion“ der älteren Störungselemente in den Lockergesteinen).

Für den vorliegenden Untersuchungsbericht konnte insgesamt auf der Basis der Bohrformationen sowie der hydraulischen und hydrochemischen sowie isotopenchemischen Untersuchungsbefunde ein in sich kongruentes räumliches Untergrundmodell erarbeitet und als Basis für das grundwasserhydraulische Untergrundmodell übergeben werden.

### 3.3 3D-Untergrundmodell

Die Bearbeitung und Erstellung des 3D-Untergrundmodells im Interreg-Projektgebiet Südpfalz/Nordelsass erfolgte im Landesamt für Geologie und Bergbau, im Rahmen der Beteiligung an der Länderübergreifenden Arbeitsgruppe für das Bienwald-Projekt „Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz Nordelsass 2008-2030“, im Zeitraum Mai bis Juli 2010.

#### Grunddaten

Dateninput für das neue 3D-Untergrundmodell bilden neben den Schichtlagerungsdaten aus Bohrungen und Schnitten der Bienwald-Studie von 2001 der aktualisierte Störungsverlauf und die an den neuen Aufschlussbohrungen gewonnenen Geometriedaten für die hydrogeologisch untergliederten Schichteinheiten.

#### Methodik

Die Daten wurden für die räumliche Untergrund-Modellierung in die 3D-Software „GOCAD“ (Paradigm TM) eingelesen und aufbereitet. Für die Erstellung des geologisch-tektonischen Raummodells wurden Schicht- und Störungsfächen aus den aufbereiteten Daten modelliert.

#### Ergebnisse

Die nachfolgenden Abbildungen wurden aus „GOCAD“ exportiert. Sie sollen den Aufbau des komplexen 3D-Modells mit 5 Schichtflächen (Schichtunterflächen der Schichteinheiten) in 2D-Abbildungen veranschaulichen. Sie können

Compte tenu des difficultés d'établir une relation entre les failles superficielles recensées et les structures plus profondes interprétées dans les profils sismiques de la zone étudiée, le modèle de sous-sol 3D présenté ci-après se base sur les éléments tectoniques dans les sédiments meubles visibles sur la figure 3.7 et déduits, de façon concluante, des résultats de forage et des études hydrauliques. La problématique soulevée par la différence des éléments de faille a été identifiée mais ne sera pas traitée de manière plus approfondie dans l'étude relative à la séquence de roches meubles récente (« fragmentation et réduction » des éléments de faille plus anciens dans les roches meubles).

Pour le présent rapport, un modèle géologique approprié a pu être élaboré globalement à partir des résultats des études hydrauliques, hydrochimiques et isotopiques pour servir de base au modèle hydrodynamique du sous-sol.

### 3.3 Modèle de sous-sol 3D

Un modèle géologique sol 3D pour la zone étudiée dans le cadre du projet INTERREG Palatinat du sud / Alsace du nord a été élaboré par le Landesamt für Geologie und Bergbau, dans le cadre de la participation au groupe de travail transfrontalier pour le projet Bienwald « Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du sud/Alsace du nord 2008-2030 », de mai à juillet 2010.

#### Données de base

Les données d'entrées du nouveau modèle géologique 3D, en plus des informations sur la stratigraphie des différentes formations obtenues par les forages et coupes réalisés dans le cadre de l'étude « Bienwald » de 2001, sont: le tracé actualisé des failles et les données géométriques relatives aux formations géologiques subdivisées en unités hydrogéologiques.

#### Méthode de travail

Pour la modélisation spatiale du sous-sol, les données ont été entrées dans le logiciel 3D « GOCAD » (Paradigm TM) puis préparées. Pour réaliser le modèle spatial géotectonique, des surfaces de couches et de failles ont été modélisées à partir des données préparées.

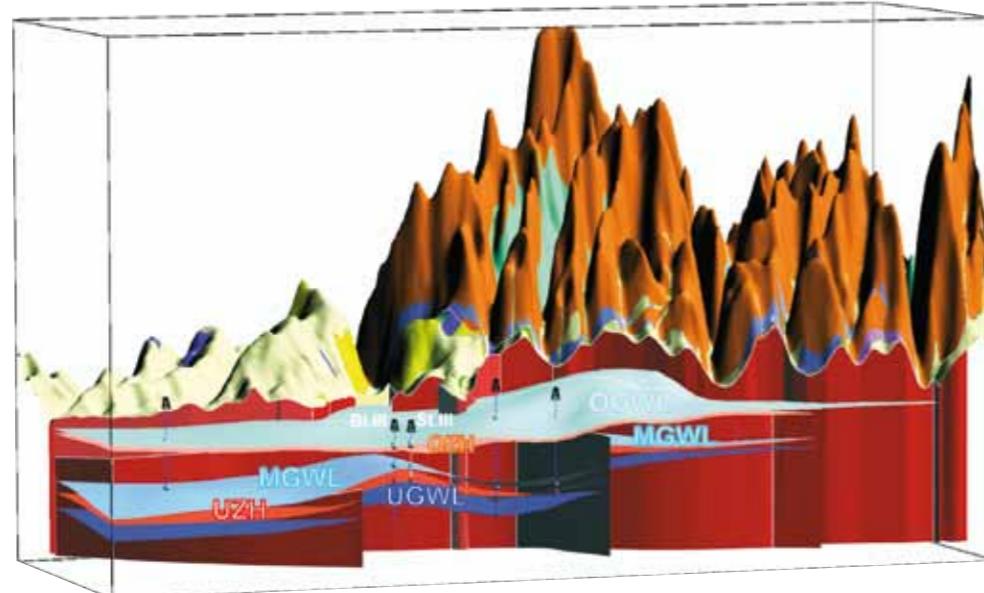
#### Résultats

Les figures ci-dessous ont été exportées du logiciel « GOCAD ». Elles sont censées illustrer la structure du modèle 3D complexe constituée de 5 surfaces de couches (faces inférieures des formations) dans des représentations 2D. Elles ne sauront néanmoins remplacer la fonctionnalité de la navigation interactive dans l'espace 3D.

aber nicht die Funktionalität der interaktiven Navigation im 3D-Raum ersetzen.

Der gesamte Schichtaufbau wird in den beiden 3D-Schnitten (Abb. 3.9 und 3.10; Lage der Schnittlinien s. Abb. 3.7) dargestellt. Der Längsschnitt (Abb.3.9) reicht vom Standort D in Frankreich über die Grundwassergewinnungsstandorte Bienwald und Wasserwerk Steinfeld auf die im Nordwesten ansteigende tektonisch höherliegende Scholle beim Standort HN. Der treppenartige Versatz durch die SW-NE- verlaufende Störung ist gut zu erkennen. Gegeneinander versetzt werden die unteren Schichteinheiten des UGWL, UZH und MGWL. Die höhere Schichtenfolge des OGWL und des OZH überlagern die Störung und sind nicht von einem Versatz betroffen. Im Bereich der Störung können hydraulische Verbindungen zwischen dem MGWL und UGWL auftreten. Eine weitere SW-NE- streichende Störung zwischen D und dem Bienwaldbrunnen versetzt lediglich den Basisbereich des UGWL, ohne direkten Einfluss auf die Grundwasserströmung und -hydraulik (Abb.6.3 bis 6.5 im Kapitel 6).

**Abb. 3.9:**  
3D-Längsschnitt [Lage  
des Schnitts Abb. 3.7]  
**Figure 3.9:**  
Coupe longitudinale  
(position de la coupe  
figure 3.7)

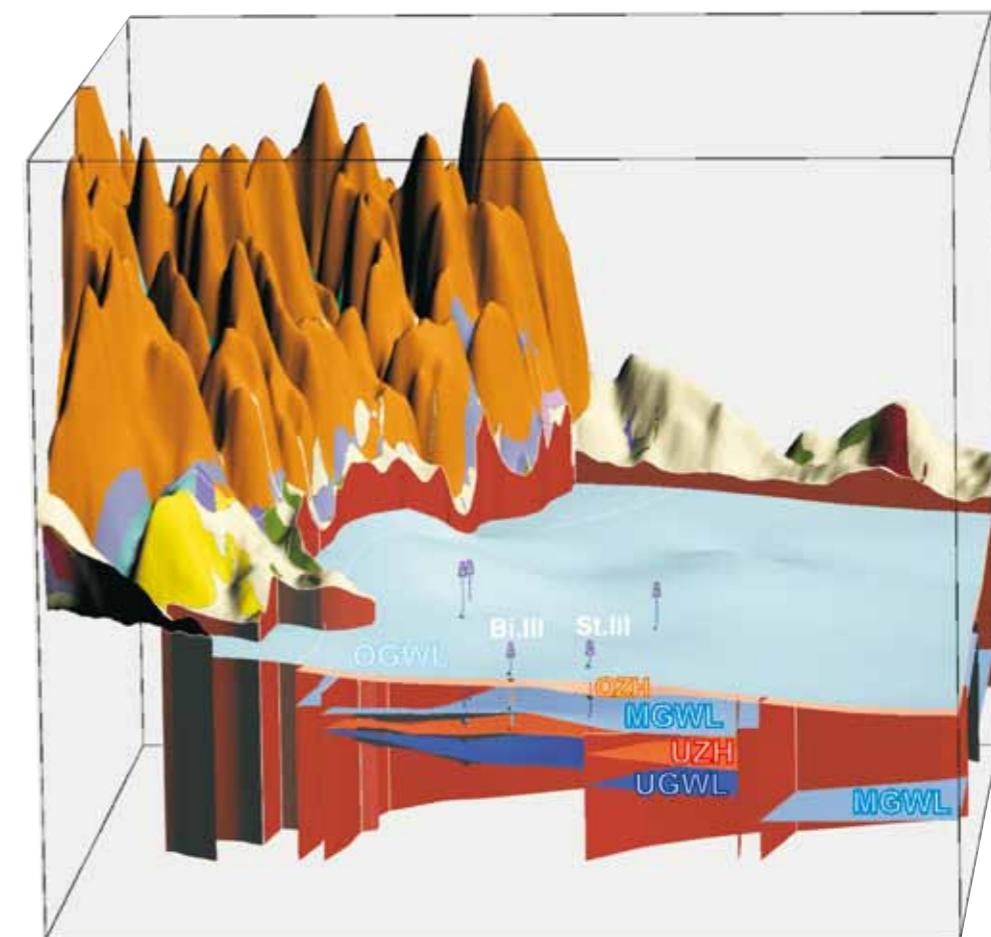


La structure des couches dans son ensemble est représentée dans les deux coupes 3D (figures 3.9 et 3.10; emplacement des lignes de coupe figure 3.7). La coupe longitudinale (figure 3.9) s'étend du site D en France au bloc soulevé, au nord-ouest au niveau du site HN, en passant par les sites de captage du Bienwald et de Steinfeld. Le rejet en gradins par la faille orientée SW-NE est bien visible. Les formations profondes de l'aquifère profond, de l'intercalaire profond et l'aquifère médian sont en quinconce. La séquence supérieure de l'aquifère supérieur et celle de l'intercalaire supérieur se superposent à la faille; elles ne sont pas concernées par un rejet. Des liaisons hydrauliques entre l'aquifère médian et l'aquifère profond sont susceptibles d'apparaître dans la zone de la faille. Une autre faille orientée SW-NE entre D et le Bienwaldbrunnen ne rejette que la zone de base de l'aquifère profond, sans influencer directement l'écoulement hydrodynamique et l'hydraulique (figures 6.3 à 6.5 au chapitre 6).

Der 3D-West-Ost-Schnitt (Abb. 3.10) im Bereich des zentralen Bienwald-Schwemmfächers zeigt den gebirgsparallelen tektonischen Schollenbau (vgl. Abb.3.7). Östlich der Randschollen ist der Randgraben ausgebildet. In Richtung auf die zentrale Grabenscholle folgen weitere tektonische Schollenstufen: Die schmale Hochscholle, auf der sowohl der UGWL als auch der UZH fehlen und weiter nach Osten die Tiefscholle mit deutlichem Tiefenversatz des MGWL. Deutlich kann die umgreifende hydraulische Abtrennung des UGWL auf den Bereich innerhalb der Randgrabenscholle gezeigt werden. Signifikant ist die starke Mächtigkeitszunahme des MGWL auf der Tiefscholle.

La coupe ouest-est 3D (figure 3.10) dans la zone du cône d'épandage de la forêt du Bienwald montre la structure des blocs tectoniques parallèles à la montagne (cf. figure 3.7). A l'est des blocs faillés de bordure est formé le fossé de bordure. En direction du bloc tectonique de la bordure du Fossé suivent d'autres gradins tectoniques: le bloc soulevé étroit marqué par l'absence de l'aquifère profond et de l'intercalaire profond, et plus à l'est, le bloc abaissé avec un net rejet en profondeur de l'aquifère médian. La séparation hydraulique de l'aquifère profond sur un large périmètre vers la zone située à l'intérieur du bloc faillé de bordure est mise en évidence. La forte augmentation de l'épaisseur de l'aquifère médian sur le bloc abaissé est significative.

**Abb. 3.10:**  
3D-Querschnitt [Lage  
des Schnitts Abb. 3.7]  
**Figure 3.10:**  
Coupe transversale 3D  
(position de  
la coupe figure 3.7)



Die Abbildungen 3.11 bis 3.15 zeigen Raumbilder der 5 maßgebenden Schichteinheiten OGWL, OZH, MGWL, UZH und UGWL aus verschiedenen Blickrichtungen, jeweils als Schichtunterfläche der Einheit. In den Abbildungen 3.16 bis 3.25 sind die **Schichtunterflächen mit ihrer Höhenlage und Mächtigkeit** in der Aufsicht dargestellt. Die linke Abbildung zeigt jeweils die Höhenlage der Schichtunterfläche bezogen auf m NN (die Farbskala reicht von rot = hoch über

Les figures 3.11 à 3.15 montrent des images spatiales des 5 principales formations: aquifère supérieur, intercalaire supérieur, aquifère médian, intercalaire profond et aquifère profond sous différents angles, respectivement comme face inférieure de la formation. Les figures 3.16 à 3.25 représentent les **faces inférieures avec leur altitude et épaisseur** dans une vue de dessus. La figure de gauche illustre l'altitude de la face inférieure de la couche rapportée à m NN

grün zu blau = tief). Auf den rechten Abbildungen ist jeweils die Mächtigkeitsverteilung für die Modellschicht wiedergegeben (rot = geringe Mächtigkeit, blau = große Mächtigkeit).

Nachfolgend werden die geometrischen Verhältnisse im Untersuchungsraum zusammenfassend beschrieben:

Die **Basisfläche des OGWL**, der im gesamten Modellgebiet vorhanden ist, fällt von der Hochlage bei Oberrotterbach und dem Standort HN nach SE in Richtung des zentralen Bienwald-Schwemmfächer ein. Die Mächtigkeitsverteilung liegt im Intervall zwischen 10 und max. 30 m.

Die **Basisfläche des OZH** verhält sich sehr ähnlich. Der Tiefzone liegt ebenfalls im zentralen Bienwald-Schwemmfächer. Die Mächtigkeiten liegen meist im Meterbereich. Auf der zentralen Hochscholle im Bereich von Oberhausen und Dierbach ist der OZH bis zur Nordgrenze des Bienwald-Schwemmfächer nicht ausgebildet. Im Schwemmfächerbereich greift der OZH über die Störungen hinweg.

Die Eigenschaften der **Basisfläche des MGWL** wurden bereits bei der Beschreibung der 3D-Schnitte skizziert. Auch der MGWL ist auf der zentralen Hochscholle nicht ausgebildet, im Schwemmfächerbereich liegt er aber den Störungszonen auf und ermöglicht einen durchgängigen Grundwasserabfluss nach Osten. Die größten Mächtigkeiten werden auf den Tiefschollen mit über 80 m erreicht.

Die beiden unteren Schichteinheiten von UZH und UGWL sind nur innerhalb des Randgrabens ausgebildet. Aufgrund der Tiefenlage des UGWL und dem darüber liegenden Trennhorizont UZHer folgt bis auf den schmalen Südkorridor eine komplett umgrenzende hydraulische Abkopplung. Der Tiefpunkt in der Schichtlagerung der Basisfläche wurde im Bereich von Schleithal modelliert. Die größten Mächtigkeiten mit über 20 m liegen im Nordwesten, im zentralen Bienwald-Schwemmfächer und auf der südöstlichen Teilscholle des Randgrabens.

(l'échelle de couleurs va du rouge = haut, au bleu = bas en passant par le vert). Sur les figures de droite est indiquée la répartition de l'épaisseur pour la couche modélisée (rouge – faible épaisseur, bleu = forte épaisseur).

Le résumé ci-dessous décrit les conditions géométriques dans la zone étudiée :

La **surface de base de l'aquifère supérieur** présent dans l'ensemble du secteur modélisé est en pente vers le sud-est en direction du cône d'épandage central de la forêt du Bienwald. La répartition de l'épaisseur est comprise entre 10 et 30 m max.

Le comportement de la **surface de base de l'intercalaire supérieur** est très similaire. La zone basse se situe également dans le cône d'épandage central de la forêt du Bienwald. Les épaisseurs sont, pour la plupart, de l'ordre métrique ou inférieur. Sur le bloc soulevé central dans le secteur d'Oberhausen et Dierbach, l'intercalaire supérieur n'est pas formé jusqu'à la limite nord du cône d'épandage de la forêt du Bienwald. Dans la zone du cône d'épandage, l'intercalaire supérieur passe au-dessus des failles.

Les caractéristiques de la **surface de base de l'aquifère médian** ont déjà été esquissées dans la description des coupes 3D. L'aquifère médian n'est pas formé sur le bloc soulevé mais dans la zone du cône d'épandage, il se superpose aux zones de failles et permet un écoulement ininterrompu de l'eau souterraine vers l'est. Les épaisseurs les plus importantes sont atteintes sur les blocs abaissés avec 80 m.

Les deux séquences sédimentaires inférieures de l'intercalaire inférieur et de l'aquifère profond ne sont formées qu'à l'intérieur du fossé de bordure. Compte tenu de la profondeur de l'aquifère profond et de l'intercalaire inférieur, un découpage hydraulique complet intervient à l'exception d'un corridor sud étroit. Le niveau de fond des formations de la surface de base a été modélisé dans la zone de Schleithal. Les épaisseurs les plus importantes de plus de 20 m se situent au nord-ouest, dans le cône d'épandage central de la forêt du Bienwald et sur le bloc partiel dans le sud-est du fossé de bordure.

Abb. 3.11:  
3D-Raumlage Basis OGWL  
Figure 3.11:  
Position 3D de la base de l'aquifère supérieur

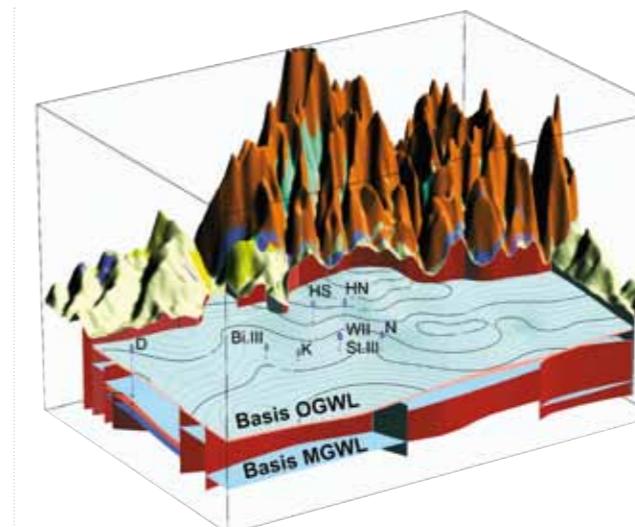


Abb. 3.12:  
3D-Raumlage Basis OZH  
Figure 3.12:  
Position 3D de la base de l'intercalaire supérieur

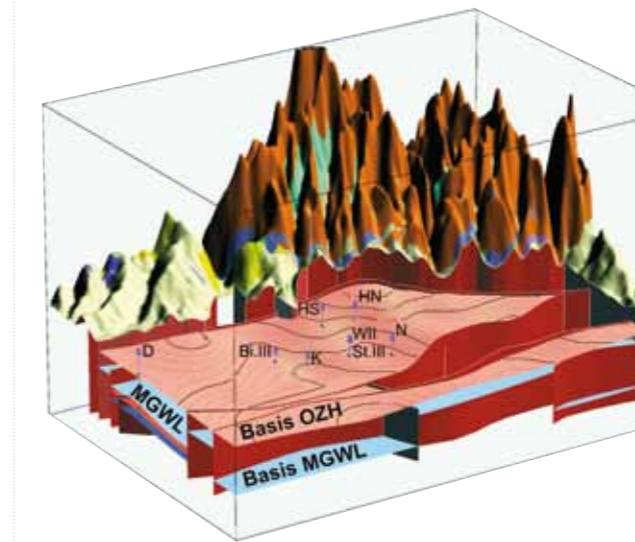
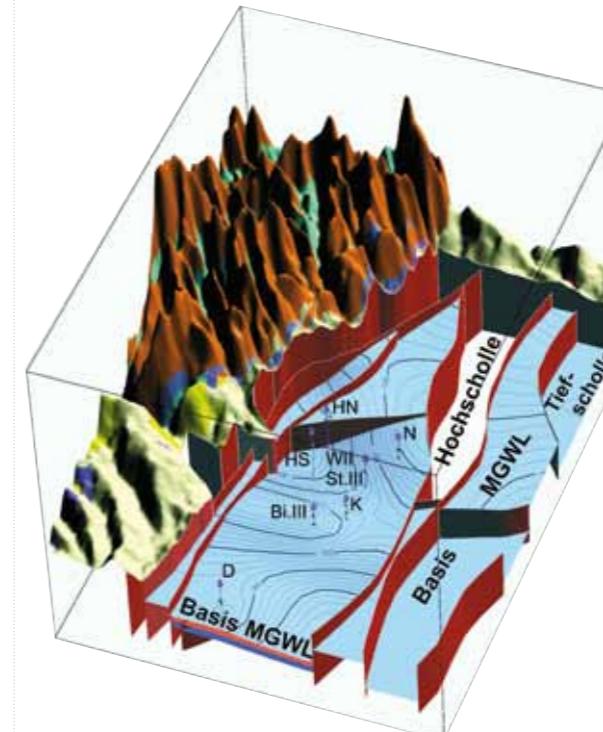
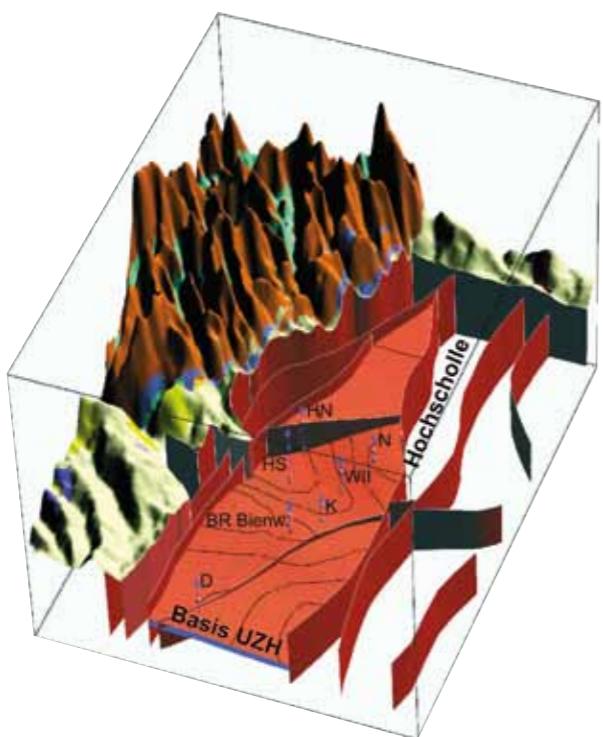
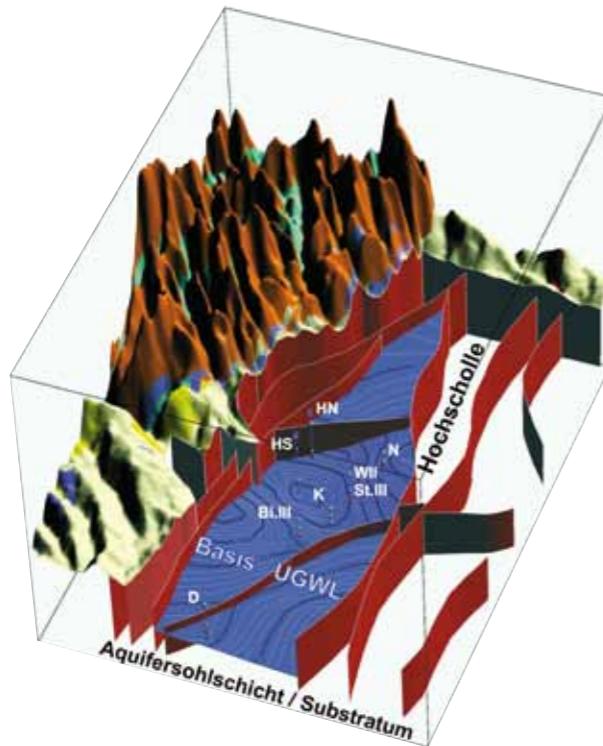


Abb. 3.13:  
3D-Raumlage Basis MGWL  
Figure 3.13:  
Position 3D de l'aquifère médian



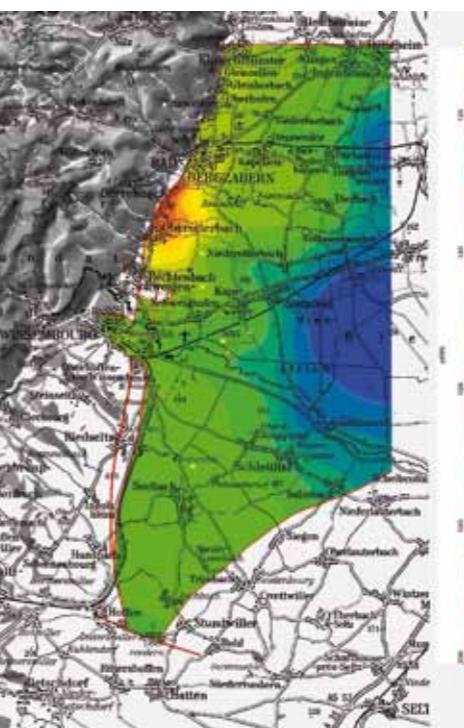


**Abb. 3.14:**  
3D-Raumlage Basis UZH  
**Figure 3.14:**  
Position 3D de la base de  
l'intercalaire inférieur



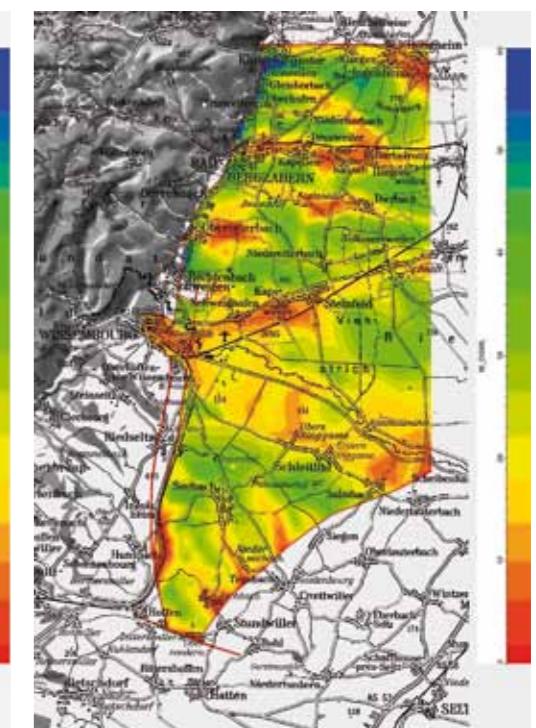
**Abb. 3.15:**  
3D-Raumlage Basis UGWL  
**Figure 3.15:**  
Position 3D de la base  
de l'aquifère profond

**Abb. 3.16:**  
Höhenniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] OGWL  
**Figure 3.16:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère supérieur



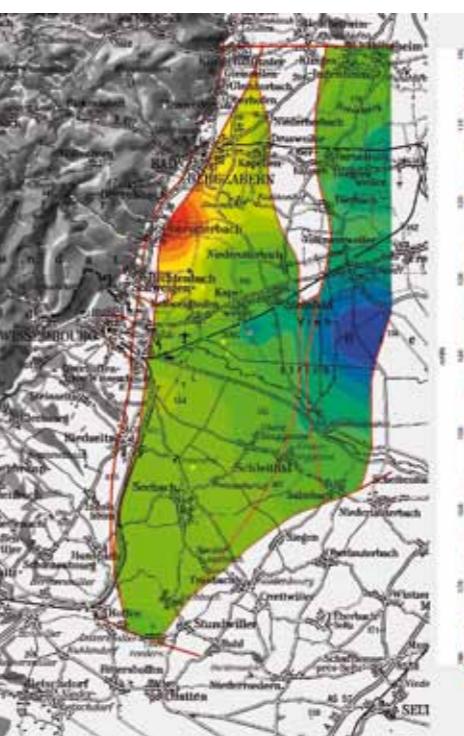
3.16

**Abb. 3.17:**  
Höhenniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] des OGWL  
**Figure 3.17:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère supérieur



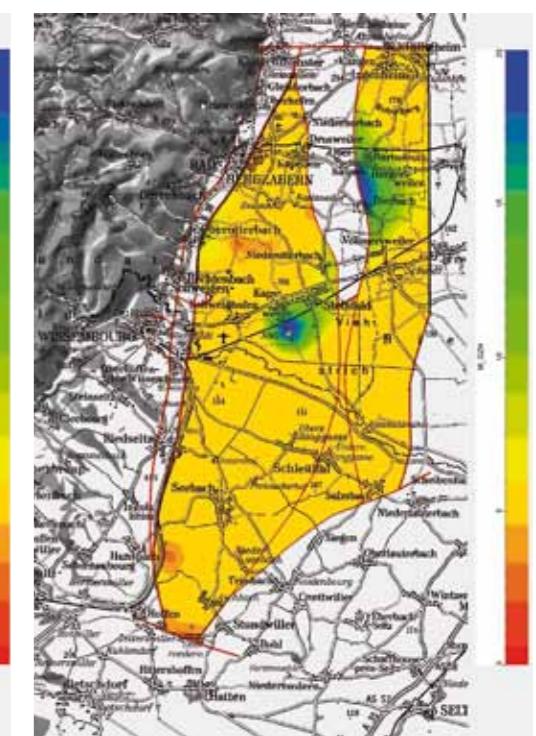
3.17

**Abb. 3.18:**  
Höhenniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] OZH  
**Figure 3.18:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère supérieur



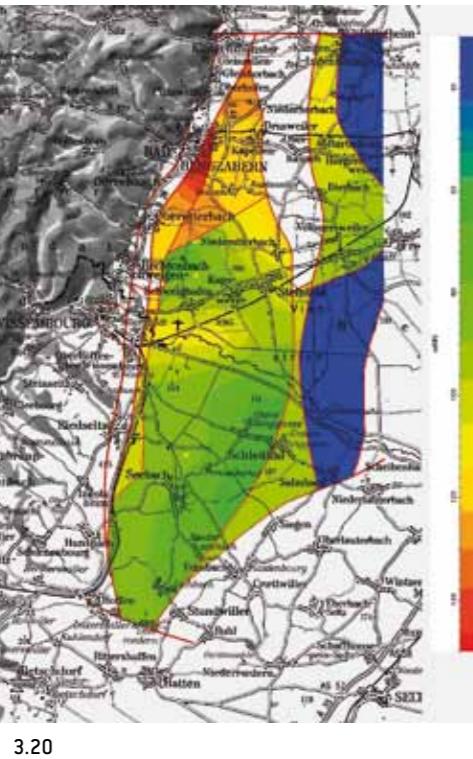
3.18

**Abb. 3.19:**  
Höhenniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] OZH  
**Figure 3.19:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère supérieur



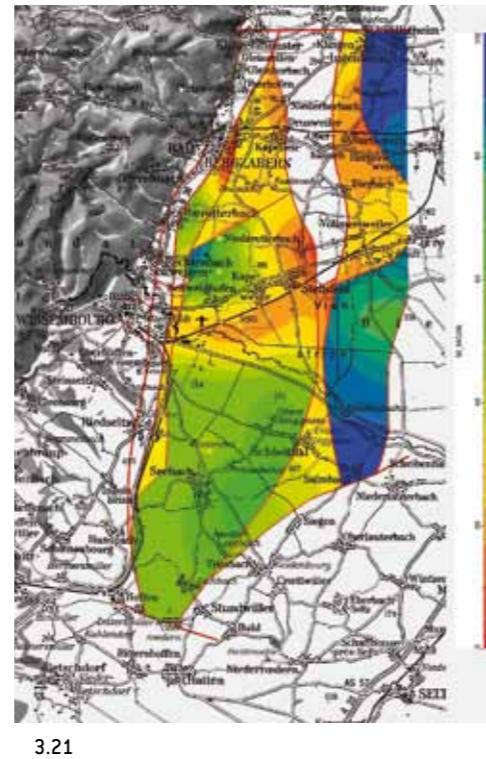
3.19

**Abb. 3.20:**  
Höheniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] MGWL  
**Figure 3.20:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère médian



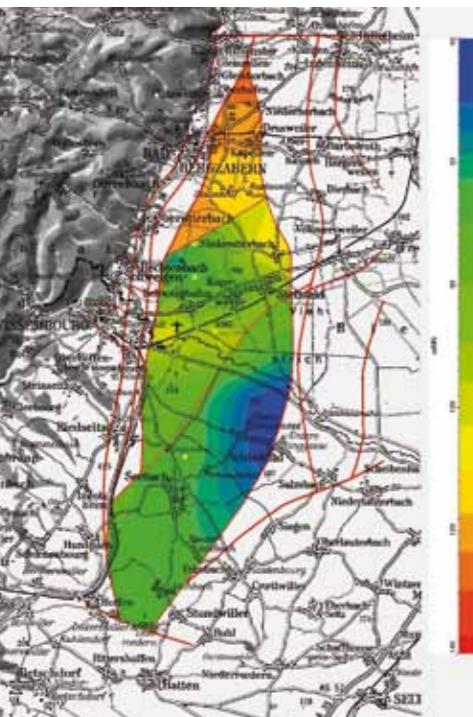
3.20

**Abb. 3.21:**  
Höheniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] MGWL  
**Figure 3.21:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère médian



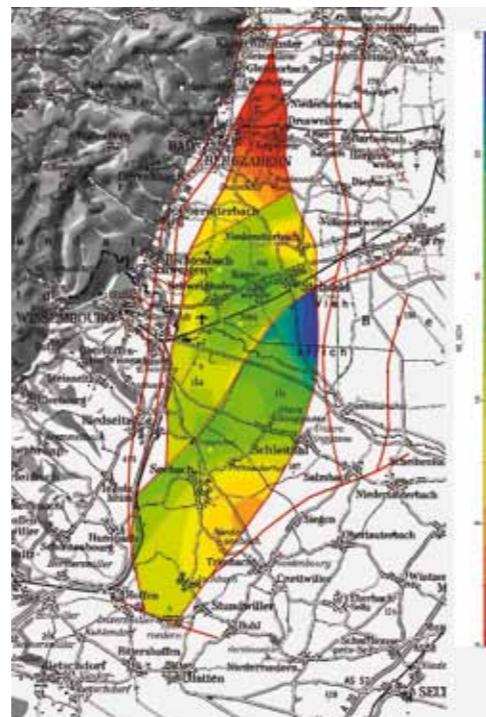
3.21

**Abb. 3.22:**  
Höheniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] UZH  
**Figure 3.22:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère inférieur



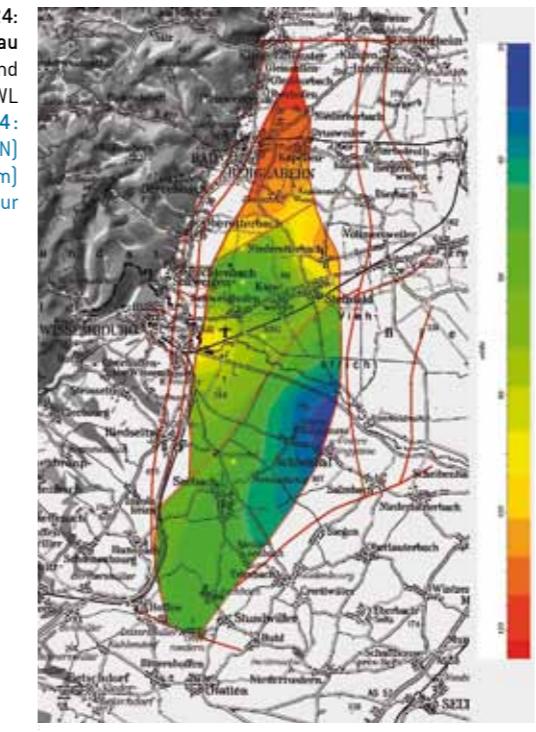
3.22

**Abb. 3.23:**  
Höheniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] UZH  
**Figure 3.23:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère inférieur



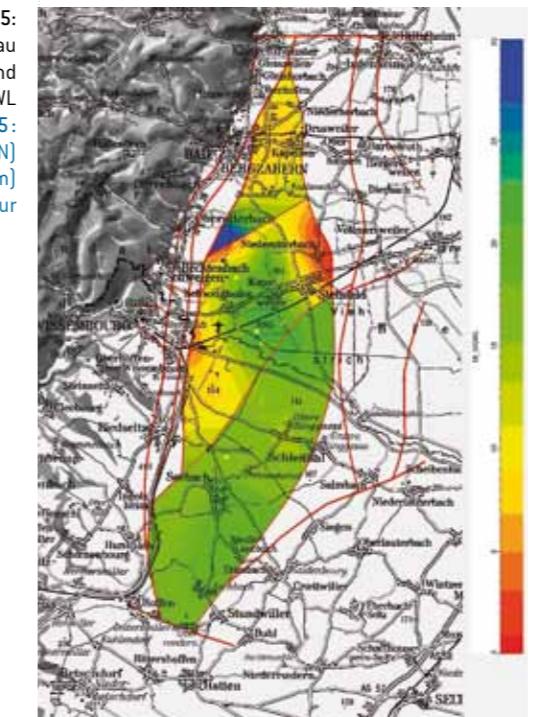
3.23

**Abb. 3.24:**  
Höheniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] UGWL  
**Figure 3.24:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère inférieur



3.24

**Abb. 3.25:**  
Höheniveau  
(Basis in m NN) und  
Mächtigkeit [m] UGWL  
**Figure 3.25:**  
Altitude (base en m NN)  
et épaisseur [m]  
de l'aquifère inférieur



3.25

## 4. Neue Erkenntnisse zur Hydrologie Connaissances nouvelles sur l'hydrologie

Auf der Grundlage der Messdaten aus den neu gebohrten Grundwassermessstellen und unter Berücksichtigung der vorhandenen Messstellen im Untersuchungsraum (vgl. Kap. 3), wurden **Grundwassergleichenpläne** für die drei Grundwasserleiter konstruiert. Mit den Grundwassergleichenplänen werden die Fließverhältnisse des Grundwassers am Stichtag 02.07.2009 dargestellt. Für den OGWL wird der Gleichenplan mit einer Flurabstandskarte ergänzt und durch Vergleich der Grundwasserdruckpotenziale konnten für den MGWL und den UGWL die Bereiche der Grundwassererneuerung ermittelt und dargestellt werden (Anlagen K1 bis K3).

Im neuen Versuchsbrunnen W II beim WW Steinfeld erfolgte Ende 2009 ein rd. 6-wöchiger Pumpversuch, der wichtige Erkenntnisse zur Grundwasserhydraulik im Mittleren Grundwasserleiter (MGWL) lieferte. Die hydrologischen Kennwerte wurden als Eingangsparameter für den Aufbau eines 3-schichtigen Grundwassersmodells verwendet.

### 4.1 Grundwasserverhältnisse

#### Höhengleichen im Oberen Grundwasserleiter (OGWL)

Die in der Karte K1 dargestellten Grundwasserhöhengleichen zeigen die Fließrichtung und das Grundwassergefälle der freien Grundwasseroberfläche im OGWL. Das großräumige Abflussgeschehen ist im Bereich der Rheinebene vom Haardtrand zum Hauptvorfluter Rhein von West nach Ost gerichtet, erkennbar an der Fließrichtung der Grundwassergleichen im nördlichen Bereich des Untersuchungsraums (Bad Bergzabern bis Höhe Niederrotterbach). Regional fließt das Grundwasser von deutscher und französischer Seite auf den Vorfluter Lauter zu. Auf Grund der Morphologie und der hydrogeologischen Gegebenheiten zeigt die Grundwasseroberfläche am Rand der Riedelfläche Schweighofen-Steinfeld ein steiles Gefälle von 1‰ auf, während im Bienwaldbereich ein flaches Gefälle von nur rd. 0,2 ‰ vorliegt.

**Des cartes des isopièzes** ont été construites pour les trois aquifères sur la base des mesures obtenues dans les nouveaux piézomètres et en prenant en compte les piézomètres existants dans la zone étudiée (cf. chapitre 3). Ces cartes permettent de représenter les conditions d'écoulement de l'eau souterraine à la date du 02/07/2009. Pour l'aquifère supérieur, la carte est complétée par une carte des profondeurs de la nappe. La comparaison des niveaux piézométriques a permis de déterminer et de cartographier les zones de recharge pour l'aquifère médian et l'aquifère profond (annexes K1 à K3).

Un pompage d'essai réalisé en 2009 sur une durée de 6 semaines dans le nouveau puits WII près de la station de Steinfeld a fourni des informations importantes sur le fonctionnement hydraulique de l'aquifère médian. Les paramètres hydrologiques ont été utilisés comme paramètres d'entrée pour la construction d'un modèle hydrodynamique multicouche.

#### 4.1 Conditions hydrodynamiques

##### Cartes des isopièzes dans l'aquifère supérieur

Les lignes isopièzes représentées sur la carte K1 montrent la direction et le gradient d'écoulement dans l'aquifère supérieur dans les zones où elle est considérée comme libre. Dans la plaine du Rhin, entre la bordure du massif de la Haardt et le Rhin, les eaux souterraines s'écoulent globalement d'ouest en est, comme le montre le sens d'écoulement des cartes piézométriques au nord de la zone étudiée (de Bad Bergzabern jusqu'à hauteur de Niederrotterbach). Au niveau régional, l'eau souterraine s'écoule du côté allemand vers le côté français en direction de la Lauter. En raison de la morphologie et de la situation hydrogéologique, la surface de la nappe montre une forte pente de 1 ‰ en bordure des surfaces interfluves (Riedelfläche) de Schweighofen-Steinfeld, tandis que dans la zone de la forêt du Bienwald, le pendage avoisine seulement 0,2 ‰. Les cartes de profondeur de nappe montrent que sous les interfluves, la profondeur de nappe est de 10 à > 15 m, tandis que dans la

Anhand der dargestellten Flurabstandsflächen wird deutlich, dass unter den Riedelflächen der Grundwasserflurabstand 10 bis > 15 m beträgt, im Bienwaldbereich bzw. der Lauterniederung dagegen nur 3 bis <1m, d. h. der gesamte Bienwald-Schwemmfächer entwässert über sein Grabensystem und die Lauter das von den Riedeln zufließende oberflächennahe Grundwasser.

##### Höhengleichen im Mittleren Grundwasserleiter (MGWL)

Die in der Karte K2 dargestellten Grundwasserhöhengleichen zeigen die Fließrichtung und das Grundwassergefälle der gespannten Grundwasserdruckfläche im MGWL. Wegen der hydraulischen Begrenzung durch die Randscholle im Westen erfolgt kein Tiefenrandstrom vom Randgebirge her. Der Abstrom nach Osten wird durch den Tertiärhorst (Niederrotterbach-Dierbach) unterbunden. Über ein steiles Grundwassergefälle fließt das Grundwasser im MGWL, ähnlich wie das Grundwasser im OGWL, in Richtung Bienwald-Schwemmfächer bzw. Lauter. Dieser bildet den Vorflutbereich für das Grundwasser im MGWL. Ergänzt wird der Grundwassergleichenplan durch die Grundwassererneuerungsfläche für den MGWL. Liegt die Druckfläche im MGWL tiefer als die freie Oberfläche im OGWL, dann kann Grundwasser vom OGWL in den MGWL versickern und dementsprechend das Grundwasser im MGWL erneuern. Ergänzt wird die Karte durch einen kleinen Absenkungstrichter im Gewinnungsgebiet Steinfeld, der andeutet, dass durch die Grundwasserentnahmen im MGWL die Druckfläche engbegrenzt abgesenkt wird.

##### Höhengleichen im Unterem Grundwasserleiter (UGWL)

Der UGWL ist nur im Bereich der Grabenrandscholle ausgebildet. Der stark gespannte und im Bereich des Mundatwaldes und Bienwald-Schwemmfächers artesisch gespannte Druckwasserspiegel des UGWL (Karte K3), zeigt im natürlichen Zustand eine Fließrichtung von Nord nach Süd in Richtung Seebach (Frankreich). Durch die Grundwasserentnahmen aus dem Bienwaldbrunnen wird der artesisch gespannte Druckwasserspiegel abgesenkt, d. h. von französischer Seite fließt das Grundwasser von Süd nach Nord in den Absenkungstrichter

Trotz der Brunnenentnahmen liegt der Druckwasserspiegel im UGWL in der Randgrabenscholle überwiegend über der Druckwasserfläche des MGWL, d.h. das Grundwasser des UGWL entwässert über den MGWL und den

forêt du Bienwald et dans la plaine de la Lauter, elle ne mesure que 3 à <1m: le cône d'épandage du Bienwald draine l'eau par l'intermédiaire de système de fossés tandis que la Lauter draine l'eau de la nappe superficielle venant des surfaces interfluves.

##### Cartes des isopièzes dans l'aquifère médian

Les lignes isopièzes représentées sur la carte K2 représentent le sens d'écoulement et la pente de la nappe dans l'aquifère médian. En raison de la barrière hydraulique constituée par le bloc faille de bordure à l'ouest, l'écoulement de bordure profond venant de la chaîne bordière n'a pas lieu. L'écoulement vers l'est est arrêté par le horst tertiaire (Niederrotterbach-Dierbach). Bénéficiant d'une forte pente, la nappe de l'aquifère médian s'écoule en direction du cône d'épandage de la forêt du Bienwald et la Lauter à l'instar de celle de l'aquifère supérieur. Le cône constitue ainsi la zone de drainage dans l'aquifère médian. Le plan des lignes isopièzes est complété par la surface de recharge de l'aquifère médian. Si le niveau piézométrique dans l'aquifère médian est plus bas que la surface libre dans l'aquifère supérieur, l'eau peut s'infiltrer de l'aquifère supérieur vers l'aquifère médian et recharger ainsi la nappe dans celui-ci. La carte est complétée par un petit cône d'appel dans le secteur de captage de Steinfeld qui indique que les prélevements dans l'aquifère médian entraînent un rabattement restreint.

##### Cartes des isopièzes dans l'aquifère profond

L'aquifère profond n'est formé que dans la zone du bloc faille de bordure du Fossé. Le niveau piézométrique de l'aquifère profond fortement artésien et artésien dans le secteur de la forêt du Mundat et du cône d'épandage du Bienwald (carte K3) montre, à l'état naturel, un sens d'écoulement nord-sud en direction de Seebach (France). Les prélevements dans les puits du Bienwald entraînent un rabattement du niveau artésien: l'eau s'écoule du côté français du sud vers le nord dans le cône d'épandage.

Malgré les prélevements, le niveau piézométrique dans l'aquifère profond dans le bloc faille de bordure du Fossé se situe majoritairement au-dessus du niveau dans l'aquifère médian. Ainsi l'eau de l'aquifère profond s'écoule-t-elle par l'intermédiaire de l'aquifère médian et l'aquifère supérieur dans le cône d'épandage du Bienwald. Ces processus de drainage se déroulent sur des décennies, voire des siècles. Une comparaison des niveaux piézométriques de l'aquifère profond et de l'aquifère médian révèle que seule une zone de recharge de petite surface à

OGWL letztlich im Bienwald-Schwemmfächer. Diese Entwässerungsvorgänge dauern Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Ein Vergleich der Druckflächen vom UGWL und MGWL zeigt, dass nur ein kleinfächiger Grundwassererneuerungsbereich, westlich von Oberotterbach, für den UGWL ermittelt werden konnte. Die Grundwassererneuerung im UGWL ist demnach quantitativ sehr begrenzt.

## 4.2 Pumpversuch im MGWL am Brunnen VII Steinfeld

Auf dem Gelände des Wasserwerkes Steinfeld wurde im Herbst 2009 der neue Versuchsbrunnen VII errichtet. Er erschließt mit seinem Ausbau den Mittleren Grundwasserleiter. Im Rahmen eines Pumpversuches sollte sowohl die Ergiebigkeit des Brunnens als auch seine Brunnencharakteristik ermittelt und die hydraulischen Auswirkungen in den drei Grundwasserleitern festgestellt werden. Hierfür wurden 49 Grundwassermessstellen in den drei Grundwasserleitern beobachtet, 11 neu eingerichtete Messstellen wurden zusätzlich mit Datenloggern ausgerüstet.

Der Pumpversuch im Versuchsbrunnen W II startete am 18.11.2009 um 8:00 Uhr mit einer Förderrate von  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ . Die nachfolgende Grafik (Abb. 4.1) zeigt die zeitliche Entwicklung des Grundwasserspiegels im Versuchsbrunnen W II. Ausgehend von einem Ruhewasserspiegel von 11,32 m u. POK (Pegeloberkante) sank der Druckwasserspiegel im Brunnen rasch auf einen Wert von ca. 16 m u. POK. Bis zum Ende der ersten Pumpstufe am 22.11.2009 sank der Druckwasserspiegel noch weiter auf einen Wert von 17,01 m u. POK.

Danach erfolgte eine Steigerung der Förderrate von 35 auf  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , der Druckwasserspiegel sank innerhalb der ersten Stunde auf 19,60 m u. POK. Bei einer weiteren Steigerung der Förderrate am 22.12.2009 auf  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  sank der Wasserspiegel noch einmal und lag bis zum Abschalten der Pumpe am 6.1.2010 bei 23,03 m u. POK. Die Entnahme-Absenkungsgrafik des Pumpversuchs (Abb. 4.1) zeigt deutlich, dass sich der Druckwasserspiegel nach jeder Förderrate sehr schnell stabilisiert bzw. der Druckwasserspiegel nach dem Abschalten der Pumpe unmittelbar wieder ansteigt.

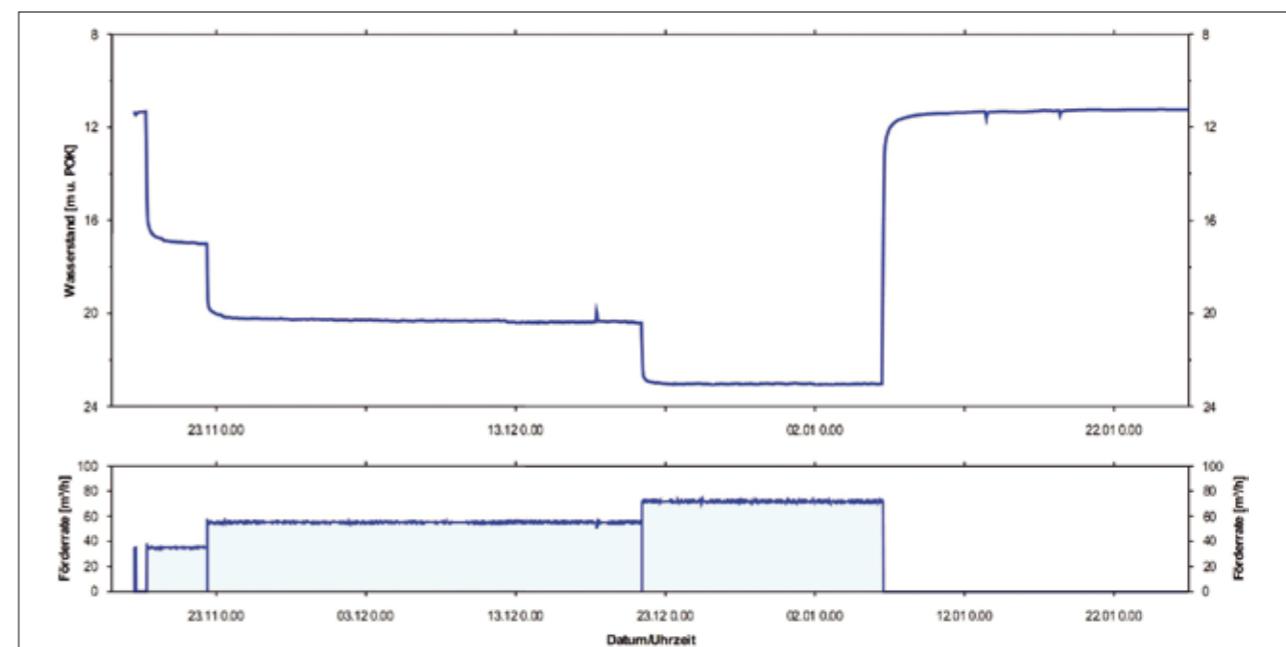
l'ouest d'Oberotterbach a pu être identifiée pour l'aquifère profond. Par conséquent, la recharge dans l'aquifère profond est quantitativement très limitée.

## 4.2 Pompage d'essai dans l'aquifère médian au niveau du puits VII Steinfeld

Le nouveau puits d'exploration VII a été construit sur le site de Steinfeld à l'automne 2009. Avec son piézomètre, il capte l'aquifère médian. Un pompage d'essai devait déterminer la productivité et les caractéristiques du puits ainsi que les répercussions hydrauliques dans les trois aquifères. A cet effet, 40 piézomètres ont été observés dans les trois aquifères, 11 nouveaux piézomètres ont en plus été équipés d'enregistreurs de données.

Le pompage d'essai dans le puits VII a démarré le 18.11.2009 à 8h00 avec un débit de  $35 \text{ m}^3/\text{h}$ . La représentation graphique (figure 4) illustre l'évolution dans le temps du niveau dans le puits d'exploration VII. En partant d'un niveau statique de 11,32 m en dessous du bord supérieur du piézomètre, le niveau dans le puits est rapidement descendu à une valeur d'environ 16 m en dessous du bord supérieur du piézomètre. A la fin du premier niveau de pompage le 22/11/2009, le niveau avait encore baissé pour atteindre la valeur de 17,01 m en dessous du bord supérieur du piézomètre.

Par la suite, le débit a été augmenté de 35 à  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ ; au cours de la première heure, le niveau est descendu à 19,60 m en dessous du bord supérieur du piézomètre. Une nouvelle augmentation du débit le 22/12/2009 à  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  a entraîné une nouvelle baisse du niveau qui atteignait 23,03 m en dessous du bord supérieur du piézomètre au moment de l'arrêt de la pompe le 06/01/2010. Le graphique prélevements-rabattement du pompage d'essai (figure 4.1) indique nettement qu'après chaque débit le niveau se stabilisait très rapidement ou remontait instantanément après l'arrêt de la pompe.



**Abb. 4.1:**  
Leistungsdiagramm  
des Pumpversuchs im  
Versuchsbrunnen W II  
beim WW Steinfeld

**Figure 4.1:**  
Diagramme des débits  
du pompage d'essai dans  
le puits d'exploration VII  
sur le site de Steinfeld

**Abb. 4.2:**  
Reaktionen der  
Grundwassermessstellen  
im Nahbereich des  
Wasserwerks auf den  
Pumpversuch

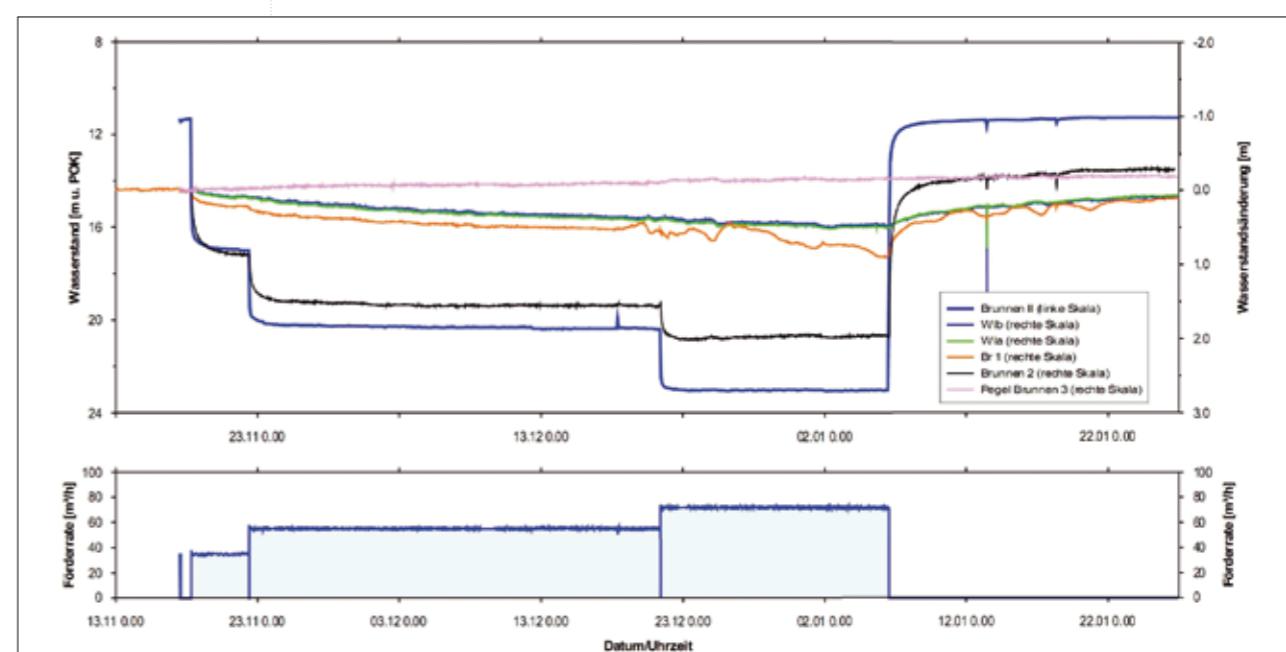
**Figure 4.2:**  
Réactions à l'essai des  
piézomètres à proximité de  
la station de pompage

Es hat sich im Verlauf des Pumpversuchs im Versuchsbrunnen W II gezeigt, dass sich eindeutige Druckreaktionen nur in den Messstellen auf dem Gelände des Wasserwerkes feststellen ließen. In allen anderen Messstellen im weiteren Umfeld des Wasserwerks wurden keine Wasserspiegeländerungen gemessen, die sich mit dem Pumpversuch in Zusammenhang bringen ließen.

Die nachfolgende Grafik (Abb. 4.2) zeigt die Druckreaktionen aller Messstellen auf dem Wasserwerksgelände in Steinfeld und in der Tabelle 4 sind die Auswerteregebnisse der hydraulischen Parameter zusammengestellt.

Le cours du pompage d'essai dans le puits VII, il s'est avéré que seuls les piézomètres du site de la station de captage réagissaient clairement à l'essai. Dans les autres piézomètres autour de la station, aucun changement des niveaux susceptible d'être en relation avec le pompage d'essai n'avait été constaté.

Le graphique ci-dessous (figure 4.2) retrace les réactions de l'ensemble des piézomètres sur le site de la station de captage de Steinfeld et le tableau 4 récapitule les résultats de l'interprétation des paramètres hydrauliques.



Messstelle	GWL	Entfernung zu W II	Tiefe	Ruhe Wsp.	max. Absenkung	Transmissivität	Speicherkoefizient	Kommentar
W IA	I	7	15,00	10,78	0,48	3,90E-03		Ergebnis angenähert
W IB	I	25	14,55	12,11	13	5,10E-03		Ergebnis angenähert
W II	II	0	63,00	11,32	13	7,10E-03	5,30E-02	Leaky-Aquifer
Brunnen BR I (Pegel)	II	21	21,50	11,24	0,88	2,30E-03		Ergebnis angenähert
Br. II	II	85	64,90	6,69	1,95	7,80E-03	1,00E-02	Leaky-Aquifer
Br. III Pegel 3 (artesisch)	III	24	101,00	1,32				keine Druckreaktion

Abb.4.1:  
Auswerteergebnisse der  
hydraulischen Kennwerte

Tableau 4.1:  
Résultats  
des interprétations des  
paramètres hydrauliques

In der Grafik sind die Wasserstände der Beobachtungsmessstellen nicht als direkte Messwerte aufgetragen, sondern als Differenzbeträge zum Startpunkt. Für alle Beobachtungsmessstellen gilt die rechte Skalierung. Die Flachmessstellen W IA und W IB im OGWL zeigen mit rd. 47 cm eine deutliche Reaktion auf den Pumpversuch im MGWL. Der Pegel am Brunnen 3 zeigt keine Reaktion im UGWL. Am stärksten die Absenkung im Versuchsbrunnen W II mit 99 m festzustellen aber auch der Brunnen II mit 1,95 m und der Messpegel am Br. I mit 0,88 m zeigen deutliche Reaktionen auf den Pumpversuch. Da der alte Brunnen II sowie der Messpegel am Br. I im MGWL ausgebaut sind aber möglicherweise auch hydraulisch mit dem OGWL in Verbindung stehen, wurde von der LAG vorgeschlagen, beide Brunnen zurück zu bauen.

Der Brunnen Br 1 II wurde im Zeitraum vom 14.09.2010 bis 11.11.2010 und der Br 2 II im Zeitraum vom 03.11.2010 bis 28.04.2011 zurückgebaut.

Nach den Rückbau- und Abdichtungsmaßnahmen wurde im Sommer 2011 noch mal ein Referenzpumpversuch durchgeführt.

#### Referenzpumpversuch im Versuchsbrunnen W II im MGWL vom 28.06.2011 bis 05.07.2011:

Zur Überprüfung, ob die Rückbaumaßnahmen bei Grundwasserentnahmen im MGWL den Zuflussanteil vom OGWL in den MGWL vermindern würden, wurde ein Referenzpumpversuch im neuen Versuchsbrunnen W II am 28.06.2011 mit einer Förderrate von 44,25 m<sup>3</sup>/h gestartet. Während des Pumpversuchs wurden die in der Nähe zum W II liegenden Messstellen W IA, W IB, A I, A II und N II beobachtet und die Wasserspiegeländerung gemessen.

Ausgehend von einem Ruhewasserspiegel von ca. 10,50 m unter POK im Versuchsbrunnen W II sank der Druckwasserspiegel wie bereits beim Pumpversuch von 18.11.2009 bis 06.01.2010 rasch auf einen Wert von ca. 22 m unter POK. Bis zum Ende des Pumpversuchs am 05.07.2011 stabilisierte sich der Druckwasserspiegel auf einen Wert von ca. 23,00 m unter POK.

Nach Beendigung des Pumpversuchs stieg der Druckwasserspiegel im Versuchsbrunnen W II

Dans le graphique, les niveaux des piézomètres d'observation n'apparaissent pas comme des mesures directes mais comme des différences par rapport au point de départ. Pour l'ensemble des piézomètres d'observation, c'est la mise à l'échelle de droite qui fait foi. Avec environ 47 cm, les piézomètres de la nappe supérieure W IA et W IB dans l'aquifère supérieur réagissent nettement au pompage d'essai. Le niveau du puits 3 ne montre aucune réaction dans l'aquifère profond. Avec 99 m, le puits d'exploration W II a le rabattement le plus important suivi de près par le puits II pour lequel on note un rabattement de 1,95 et le piézomètre du puits I qui, avec 0,88 m, réagit nettement au pompage d'essai. L'ancien puits II et le piézomètre du puits I dans l'aquifère médian étant susceptibles d'être hydrauliquement reliés à l'aquifère supérieur, le groupe de travail transfrontalier a proposé de démonter ces deux puits.

Le puits 1 II a été démonté entre le 14/09/2010 et le 11/11/2010 et le puits 2 II entre le 3/11/2010 et le 28/04/2011.

A la fin des travaux de démantèlement et d'étanchéification, un pompage d'essai de référence a été réalisé en été 2011.

#### Pompage de référence dans le puits d'exploration W II dans l'aquifère médian entre le 28/06/2011 et le 05/07/2011 :

Pour vérifier si les travaux de démantèlement réduiront l'alimentation de l'aquifère médian par l'aquifère supérieur, un pompage de référence a été démarré dans le puits d'exploration V II le 28/06/2011 avec un débit de 44,25 m<sup>3</sup>/h. Au cours de l'essai, on a observé les piézomètres W IA, W IB, A I, A II et N II situés à proximité du puits W II et mesuré les fluctuations des niveaux piézométriques.

En partant d'un niveau statique d'environ 10,50 m en dessous du bord supérieur du piézomètre dans le puits W II, le niveau a rapidement baissé à environ 22 m en dessous de l'échelle comme cela avait été le cas lors du pompage d'essai du 18/11/2009 au 06/01/2010. A la fin de l'essai le 05/07/2011, le niveau s'était stabilisé à une valeur de l'ordre de 23,00 m en dessous du bord supérieur du piézomètre.

Après l'essai, le niveau dans le puits d'explo-

sehr schnell wieder auf den Ausgangswert von ca. 10,50 m unter POK an.

Wie bei dem längeren Pumpversuch vom 18.11.2009 bis 06.01.2010 zeigte sich auch beim Referenzpumpversuch im Versuchsbrunnen W II, dass die Messstellen W IA und W IB im OGWL auf den Pumpbetrieb im MGWL reagieren, der freie Wasserspiegel wurde in einer Woche Pumpbetrieb um rd. 14 cm abgesenkt. Auch die Druckwasserspiegel der Messstellen A II und N II im MGWL reagierten mit einer Druckabsenkung von rd. 13 bzw. 24 cm. Der Referenzpumpversuch nach Rückbau der alten Brunnen Br 1 II und Br 2 II zeigte, dass der Zufluss von Grundwasser aus dem OGWL in den MGWL während des Pumpbetriebs nach wie vor gegeben ist und nicht über die alten, hydraulisch kurzgeschlossene Brunnen erfolgt. Trotzdem war es aus Vorsorgegründen richtig, die alten Brunnen rückzubauen. Die Auswertungen des Langzeitpumpversuches 2009/2010 wiesen bereits darauf hin, dass über eine halbdurchlässige Zwischenschicht Grundwasser vom OGWL in den MGWL zusickert. Aufgabe des zukünftigen Brunnenbetriebes im MGWL wird sein, mit einem Monitoring zu beobachten, das die Grundwasserabsenkungen nicht progressiv verlaufen, sondern sich langzeitig Beharrungszustände im OGWL und MGWL einstellen.

#### Hydraulische Kennwerte, Ergebnisse aus den Pumpversuchen:

Die Auswertung des Langzeitpumpversuchs im Versuchsbrunnen W II ergab für das Produkt der Durchlässigkeit und der Mächtigkeit der Grundwasser führenden Schicht (Transmissivität) einen Wert von 7,1\*10-3 m<sup>2</sup>/s und einen Speicherkoefizienten für gespannte Verhältnisse von 0,053.

Zur Beurteilung der Brunnenleistung wurde aus den Pumpversuchsdaten ein Leistungsdiagramm aus dem Vergleich Pumpleistung zur Absenkung (Q/s) erstellt (Abb. 4.3).

ration W II est très vite remonté pour atteindre la valeur de départ de 10,50 m en dessous du bord supérieur du piézomètre.

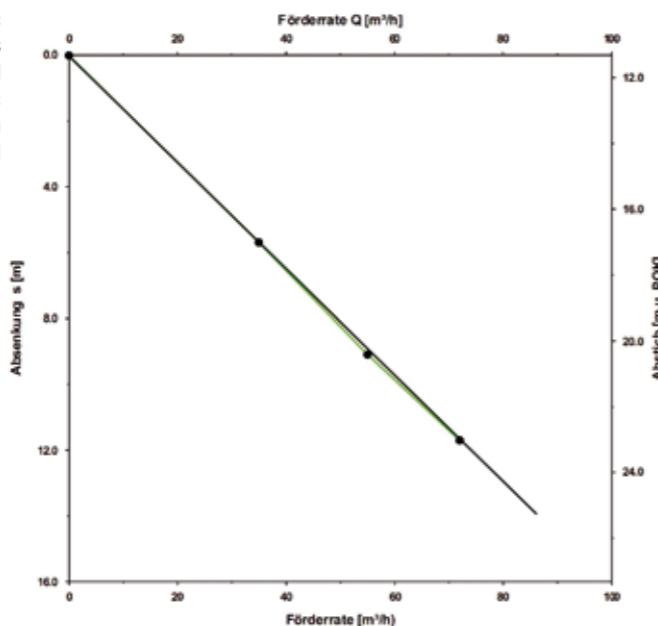
Comme lors du pompage d'essai longue durée entre le 18/11/2009 et le 06/01/2010, le pompage de référence dans le puits W II a montré que les piézomètres W IA et W IB dans l'aquifère supérieur réagissent au pompage dans l'aquifère médian, le niveau de la nappe libre ayant baissé de 14 cm en l'espace d'une semaine de pompage. Les piézomètres A II et N II dans l'aquifère médian ont également réagi avec une baisse du niveau de respectivement 13 et 24 cm. Le pompage de référence après le démantèlement des anciens puits Br 1 II et Br 2 II a montré que les apports de l'aquifère supérieur à l'aquifère médian n'ont pas cessé pendant le pompage et ne passaient pas par les anciens puits hydrauliquement court-circuités. Malgré cela, la décision de démonter ces puits à titre préventif était justifiée. Les interprétations du pompage d'essai longue durée 2009/2010 indiquaient déjà que l'eau s'infiltra de l'aquifère supérieur vers l'aquifère médian à travers une couche intercalaire semi-perméable. L'exploitation des eaux souterraines devra s'accompagner d'un suivi piézométrique à long terme (programme de monitoring) qui met en évidence que le rabattement des niveaux n'est pas progressif mais qu'un état d'équilibre se met en place à long terme dans l'aquifère supérieur et dans l'aquifère médian.

#### Paramètres hydrauliques, résultats des pompages d'essai :

L'interprétation du pompage d'essai longue durée dans le puits d'exploitation W II a donné une valeur de 7,1\*10-3 m<sup>2</sup>/s pour le produit de la perméabilité et de l'épaisseur de la couche aquifère (transmissivité) et un coefficient d'emmagasinement de 0,053 pour les conditions artésiennes.

Pour évaluer le débit sortant du puits, une courbe débits de pompage/rabattement a été élaborée (Q/s) (figure 4.3).

Abb. 4.3:  
Leistungsdiagramm des  
Versuchsbrunnens WII  
**Figure 4.3:**  
Diagramme des débits du  
puits d'exploitation WII



Aus dem Diagramm wird deutlich, dass die Absenkung bis zur maximalen Entnahmerate von  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  streng linear mit der Förderrate korreliert. Damit sind die Brunneneintrittsverluste vernachlässigbar. Im Anhang A3 (auf CD) ist der Pumpversuch vom Büro André Voutta, Herrenberg, umfassend dokumentiert.

In einer weiteren Auswertung durch das BRGM, Monsieur B. Dewandel (Anhang A3 auf CD), wurde mit Hilfe der Auswertesoftware WinISAPE die Pumpversuchsdaten nachmodelliert.

Wie bereits erwähnt, erfolgte der Pumpversuch in drei Förderstufen, was dazu geführt hat, dass die Absenkungskurven im Hinblick auf die Analyse des Pumpversuchs berücksichtigt wurden. In der Abb. 4.4 ist die spezifische Absenkung ( $S_{sp}$ ) im Verhältnis zur Überlagerungszeit ( $T_{sp}$ ) dargestellt. Zusätzlich wurde die Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit ( $LW1 [\text{mS}/\text{cm} \cdot 100]$ ) des Pumpwassers während des Pumpversuchs aufgezeichnet.

Die Auswertung der Ableitungskurven erfolgte in drei Zeitschritten:

1. von 0 bis ca. 100 min.: Erster radialer Zufluss, wobei  $T$  auf  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  geschätzt wird. Dieser Zufluss ist die Reaktion des Mittleren Grundwasserleiters in der Verlängerung des Filterbereichs ( $K$  ca.  $6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ).
2. von 100 bis 4.000 min.: Der Zuflussanteil aus dem MGWL nimmt gleichmäßig ab, es handelt sich um einen Übergangabfluss, d. h. ein anderer Grundwasserleiter nimmt am Zufluss teil. In diesem Fall sickert Grundwasser aus dem OGWL in den MGWL über eine halbdurchlässige Zwischenschicht (interlayer crossflow);
3. von 4.000 min. bis Versuchsende: Der Zuflussanteil zum Brunnen wird aus zwei Zuflussanteilen (OGWL+MGWL) gespeist. Die globale Transmissivität des Systems beträgt  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Dies wird im unmittelbaren Umfeld des Brunnens anhand der gemessenen Absenkungen in den Flachpegeln WIA und WIB bestätigt.

Le diagramme met en évidence que le rabattement jusqu'au taux maximal de prélèvement de  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  est en corrélation étroitement linéaire avec le débit. Par conséquent, les pertes d'entrée de puits sont négligeables. Dans l'annexe A3 (sur CD), le pompage d'essai est documenté en détail par le bureau André Voutta, Herrenberg.

Dans une autre interprétation par le BRGM, Monsieur B. Dewandel (annexe A3 sur CD), les données du pompage d'essai ont été modélisées à l'aide du logiciel d'interprétation WinISAPE.

Comme cela a déjà été mentionné, le pompage d'essai a été réalisé sur trois niveaux. Les courbes de rabattement ont ainsi été prises en compte en vue de l'analyse du pompage d'essai. La figure 4.4 montre le rabattement spécifique ( $S_{sp}$ ) en fonction du temps ( $T_{sp}$ ) ainsi que l'évolution de la conductivité électrique ( $LW1 [\text{mS}/\text{cm} \cdot 100]$ ) dans l'eau pompée au cours de l'essai.

L'interprétation des courbes des dérivées a été réalisée en trois pas de temps:

1. de 0 à 100 mn environ: premier écoulement radial,  $T$  étant évalué à  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Ce flux correspond à la réaction de l'aquifère médian dans le prolongement de la zone crépinée ( $K$   $6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ );
2. de 100 à 4.000 mn: l'apport venant de l'aquifère médian diminue de manière homogène, il s'agit d'un flux de transition: un autre aquifère participe à l'apport. Dans ce cas, de l'eau souterraine s'infiltra de l'aquifère supérieur dans l'aquifère médian à travers une couche intercalaire semi-perméable (interlayer crossflow);
3. de 4.000 mn jusqu'à la fin de l'essai: l'alimen-

tation du puits s'effectue par deux aquifères (supérieur et médian). La transmissivité globale du système est de  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Ceci est confirmé à proximité immédiate du puits par les rabattements mesurés dans les piézomètres de la nappe supérieure WIA et WIB.

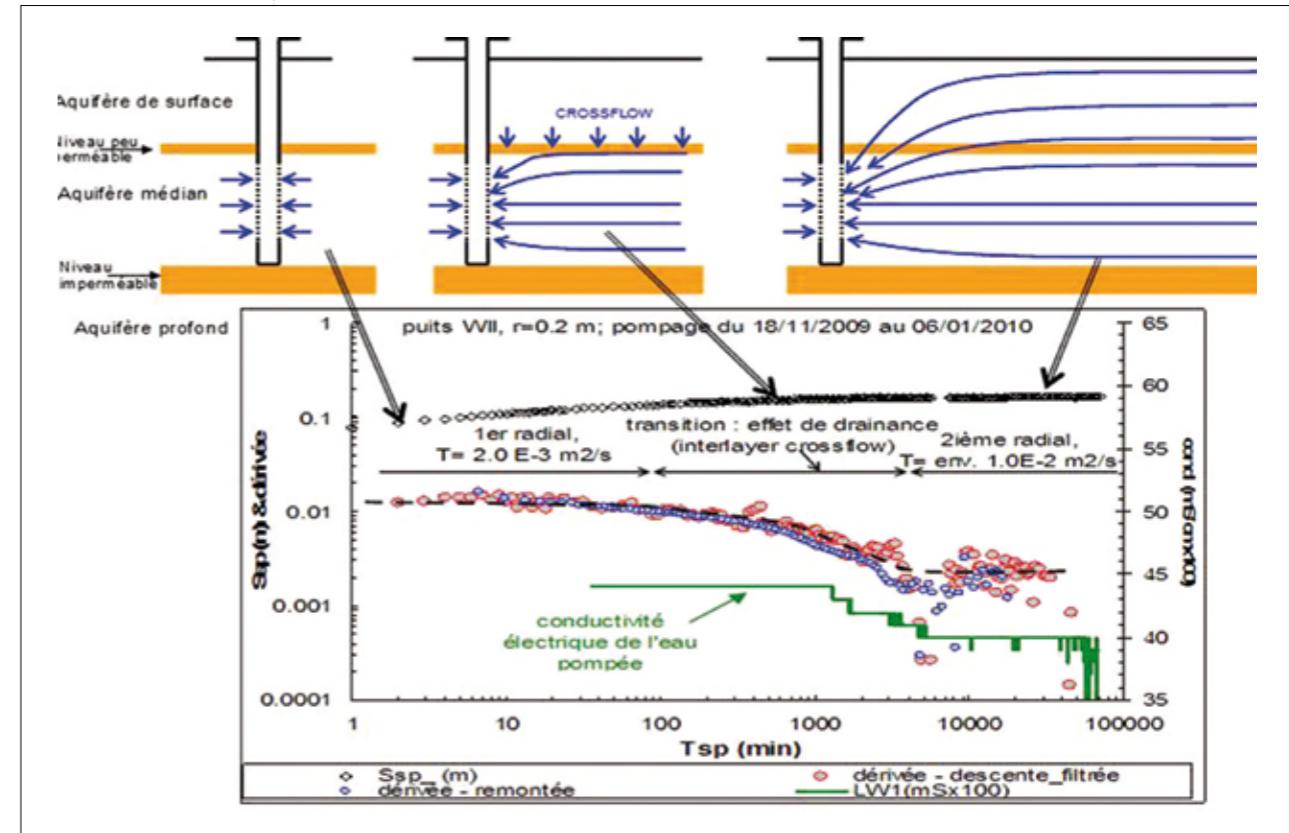


Abb. 4.4:  
Analyse der  
Pumpversuchsdaten am  
Versuchsbrunnen WII

Figure 4.4:  
Analyse des données du  
pompage d'essai au niveau  
du puits d'exploration WII

#### Als Ergebnis der Pumpversuchsmodellierung kann festgehalten werden:

- Der Versuchsbrunnen WII erfasst eine durchlässige Schicht (Oberer und Mittlerer Grundwasserleiter) mit einer Gesamttransmissivität von  $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  und ein Speicherkoeficient von  $1$  bis  $4 \cdot 10^{-3}$ . Die Transmissivität des MGWL wird auf  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  und diejenige des OGWL auf  $7,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  geschätzt.
- Der Mittlere und der Obere Grundwasserleiter sind über geringer durchlässige Ton-Schluffhorizonte bzw. Bereichsweise auch nur sandige Schichten zwar hydroatisch und hydrochemisch erkennbar getrennt, der Pumpversuch und die Auswertungen zeigen aber auch, dass beide Grundwasserleiter miteinander kommunizieren, d. h. bei Entnahmen im MGWL erfolgt ein Zuflussanteil vom OGWL in den MGWL.
- L'aquifère médian et l'aquifère supérieur sont certes séparés par des intercalaires argileux à siliceux ou des intercalaires exclusivement sableux par endroits, mais le pompage d'essai et les interprétations montrent aussi que les deux aquifères communiquent entre eux. Un apport a donc lieu de l'aquifère supérieur vers l'aquifère inférieur lors des prélèvements.

Mit den Pumpversuchen im MGWL konnte nachgewiesen werden, dass ausreichend Grundwasser im Mittleren Grundwasserleiter vorhanden

#### Le résultat de la modélisation du pompage d'essai peut se résumer aux éléments suivants :

- Le puits d'exploration WII capte une couche perméable (aquifère supérieur et aquifère médian) avec une transmissivité globale de  $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  et un coefficient d'emmagasinement de  $1$  bis  $4 \cdot 10^{-3}$ . La transmissivité de l'aquifère médian est évaluée à  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ , celle l'aquifère supérieur à  $7,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .
- L'aquifère médian et l'aquifère supérieur sont certes séparés par des intercalaires argileux à siliceux ou des intercalaires exclusivement sableux par endroits, mais le pompage d'essai et les interprétations montrent aussi que les deux aquifères communiquent entre eux. Un apport a donc lieu de l'aquifère supérieur vers l'aquifère inférieur lors des prélèvements.

Les pompages d'essai dans l'aquifère médian ont permis de prouver que l'eau souterraine est disponible en quantités suffisantes dans

ist und zukünftig zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung genutzt werden kann (vgl. Kap. 7). Eine nachhaltige Grundwassergewinnung erfordert aber auch die gezielte Beobachtung der Grundwasserstände in den drei Grundwasserleitern um mögliche Grundwasserstandsabsenkungen erkennen und bewerten zu können. Das Monitoringprogramm wird daher auch in Zukunft weiter geführt.

l'aquifère médian pour garantir l'alimentation en eau potable à l'avenir (cf. chapitre 7). Une exploitation durable de la nappe nécessite cependant un suivi ciblé des niveaux piézométriques dans les trois aquifères afin de pouvoir détecter et évaluer les éventuels rabattements. Le programme de monitoring sera donc poursuivi également dans le futur.

## 5. Neue Erkenntnisse zur Hydrochemie Connaissances nouvelles sur l'hydrochimie

### 5.1 Isotopengehalte: Beprobung und Analysenprogramm

Die Hauptergebnisse der ersten Studie (1999) [4] sowie die ausgewählten Probepunkte und Parameter der vorliegenden Vergleichsstudie 2011, sind in den folgenden Tabellen 5.1 und 5.2 zusammengefasst. Um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, insbesondere was die Grundwasserverweilzeiten anbelangt, wurde die Mehrheit der Probepunkte beibehalten. Dafür wurde die Anzahl der analysierten Parameter verringert, die im Vergleich zur Vorläuferstudie auch ausgewählte organische Schadstoffe, eine breitere Auswahl von Spurenstoffen sowie die Isotopen des Bors und die des Schwefels und Sauerstoffs in den gelösten Sulfaten umfasste. Mit dem Ziel, junge Grundwässer im System besser nachzuweisen und abzugrenzen, wurde für die vorliegende Studie eine begrenzte Zahl von FFCKW und SF<sub>6</sub>-Analysen durchgeführt. Der Bericht zur geochemischen und isotopenchemischen Entwicklung von W. Kloppmann, BRGM, ist im Anhang A4 (auf CD) enthalten.

### 5.1 Teneurs en isotopes: Campagne d'échantillonnage et programmes d'analyses

Les principaux résultats de la première étude (1999) [4] ainsi que les points d'échantillonnage choisis et les paramètres de la présente étude comparative de 2011 sont résumés dans les tableaux 5.1 et 5.2 ci-dessous. Afin de permettre une comparaison directe, notamment en ce qui concerne les temps de parcours, on a conservé la plupart des points d'échantillonnage en réduisant le nombre des paramètres analysés qui, par rapport à l'étude précédente, comportait une sélection plus large d'éléments traces ainsi que les isotopes du bore et ceux du soufre et de l'oxygène des sulfates dissous. Dans le but de mieux identifier les eaux souterraines jeunes dans le système, on a procédé, dans le cadre de la présente étude, à un nombre limité d'analyses des CFC et du SF<sub>6</sub>. Le rapport sur l'évolution géochimique et isotopique de W. Kloppmann, BRGM, est compris dans l'annexe A4 (sur CD).

**Tab. 5.1:**  
Übersichtstabelle  
der durchgeföhrten  
Beprobungen  
und Analysen  
**Tableau 5.1:**  
Tableau récapitulatif  
des échantillonages  
et analyses réalisés

Points / Punkte	Prélèvement/ Beprobung	Paramètres physico-chimiques/ Chemisch-physikalische Parametern	Elément & Ions majeurs / Hauptelemente & -ionen	Element Traces / Spurenelemente	Isotopes / isotopen	Méthodes de datation / Datierungsmethoden
					<sup>14</sup> C/ <sup>13</sup> C	<sup>1</sup> H / SF <sub>6</sub> / CFC
WWK Steinfeld III					+	+
Steinfeld II					+	+
DIII Hippodrom					+	+
DIII Geitendorf					+	+
BIII Munat					+	+
EIII Flugplatz					+	+
Bienwaldbrunnen					+	+
Alli Otterbach	28/04/10	T(°C), pH, Eh, Cond (µS/cm), O2d (%), Alc (mMol/l), S'(mg/l)	Cl, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , F-, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Ca, Mg, Na, K, SiO <sub>2</sub> , Fe	B, Sr, Br	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	+
Alli Otterbach						
GIII Deutschhof	29/04/10					

**Tab. 5.2:**  
Analyseprogramm  
und –umfang sowie  
Untersuchungsziele  
**Tableau 5.2:**  
Programme et étendue  
des analyses  
et objectifs de l'étude

Tracer	Schlussfolgerungen aus dem vorhergehenden Projekt Bienwald	Analyseprogramm	Zielsetzung
Tritium	Junges Wasser nur im Oberen und Mittleren Grundwasserleiter vorhanden (<50)	Zwei Entnahmestellen im Mittleren Grundwasserleiter	Vorhandensein von jungem Wasser im Unteren Grundwasserleiter
CFC, SF <sub>6</sub>	-		Vorhandensein von jungem Wasser im Unteren Grundwasserleiter
<sup>14</sup> C	Ermittlung eines Wassererhvergradianten für den Unteren Grundwasserleiter (Höchstalter: 5700)	Acht Entnahmestellen im Unteren Grundwasserleiter und zwei Entnahmestellen im Mittleren Grundwasserleiter	Vorhandensein von jungem Wasser im Unteren Grundwasserleiter, Vermischung mit tiefem Wasser
Hauptrahastoffe, B, Sr, Br	Chemische Zonierung im Verhältnis zur Verweilzeit im Unteren Grundwasserleiter		Proportionsverhältnis zwischen jungem und altem Wasser

## 5.2 Entwicklung der chemischen und isotopenchemischen Qualität von 1999 bis 2010

Es zeigt sich eine klare Entwicklung (Abb. 5.1) des Grundwasserchemismus vom Wiederergänzungsgebiet im NW in Fließrichtung bis in die tiefen Teile des Aquifers III. Die zunächst im Wiederergänzungsgebiet liegenden Messstellen (AIII, GIII) ähneln in ihrer Wasserqualität den Grundwässern des Aquifers II. Es sind Ca-Hydrogencarbonatwässer mit mäßigen Magnesiugehalten (um 20 equ% der Kationen). Die Grundwässer nehmen in Fließrichtung zunehmend einen alkalischen Charakter an ( $\text{Ca-Na}-\text{HCO}_3$ -Fazies). Die am weitesten entwickelten Wässer sind in den Messstellen BIII und DIII zu finden.

Die Wässer des UGWL bleiben gering mineralisiert mit einem maximalen Gesamtlösungsinhalt von 585 mg/L in der GWM B III (561 mg/L für 2010). Die Chlorid- und Sulfatgehalte liegen praktisch konstant auf niedrigem Niveau im gesamten Bereich des Aquifers III.

Die Chloridgehalte sind im OGWL und MGWL vergleichsweise erhöht, erkennbar an den erhöhten Nitrat- und Sulfatgehalten, welche sich auf anthropogene Einträge, z. B. aus der Landwirtschaft zurückführen lassen. Die Flachmessstelle D I im OGWL weist den höchsten Cl-Gehalte auf (38 mg/L) und ist gleichfalls deutlich nitratbelastet (57 mg/L). Unter natürlichen Fließbedingungen hat diese oberflächennahe Verschmutzung keinen Einfluss auf die Wasserqualität des UGWL. Dort liegen die Nitratgehalte unter der Nachweisgrenze von 0,1 mg/L, mit Ausnahme von der Messstelle G III die 1999 9,9 mg/L und 2010 10,1 mg/L aufwies. Auch wenn das Grundwasser dieser Messstelle kein Tritium enthält (<1 UT, 1999 und 2010), zeigen die nachweisbaren FFCKW und  $\text{SF}_6$ -Gehalte, dass im Umfeld dieser Messstelle ein Kontaminationsrisiko besteht.

## 5.2 Evolution de la qualité chimique et isotopique de 1999 à 2010

On observe une très nette évolution (figure 5.1) du chimisme des eaux à partir de la zone de recharge au nord-ouest dans le sens de l'écoulement jusqu'à la partie profonde de l'aquifère III. Les eaux au niveau des piézomètres (AIII, GIII) situés dans la zone de recharge ressemblent aux eaux peu profondes de la nappe moyenne. Ce sont des eaux bicarbonatées calciques légèrement magnésiennes (20 equ% des cations). Les eaux de l'aquifère évoluent dans la direction de l'écoulement vers des eaux plus riches en éléments alcalins (faciès  $\text{Ca-Na}-\text{HCO}_3$ ). Les eaux les plus évoluées sont celles des piézomètres BIII et DIII.

Les eaux de l'aquifère profond restent néanmoins relativement peu concentrées avec une minéralisation totale maximale de 585 mg/L pour le piézomètre B III (561 mg/L pour 2010). Les concentrations des chlorures et sulfates restent constamment basses sur l'ensemble de l'aquifère III.

Les concentrations en chlorure dans l'aquifère supérieur et dans l'aquifère sont élevées; elles sont corrélées avec les teneurs en nitrates et sulfates qui témoignent d'un impact anthropique (agriculture). Le piézomètre D I dans l'aquifère supérieur affiche les teneurs en Cl les plus élevées (38 mg/L) et est également très contaminé par les nitrates (57 mg/L). Dans des conditions d'écoulement naturelles, cette pollution superficielle n'a pas de répercussion sur la nappe profonde: les concentrations en nitrates restent inférieures à la limite de détection de 0,1 mg/L, à l'exception du piézomètre G III où la concentration était de 9,9 mg/L en 1999 et de 10,1 mg/L en 2010. Même si l'eau au niveau de ce piézomètre ne contient pas de tritium (<1 UT, 1999 et 2010), les teneurs en CFC et en  $\text{SF}_6$  indiquent qu'il existe un risque de contamination à proximité de ce piézomètre.

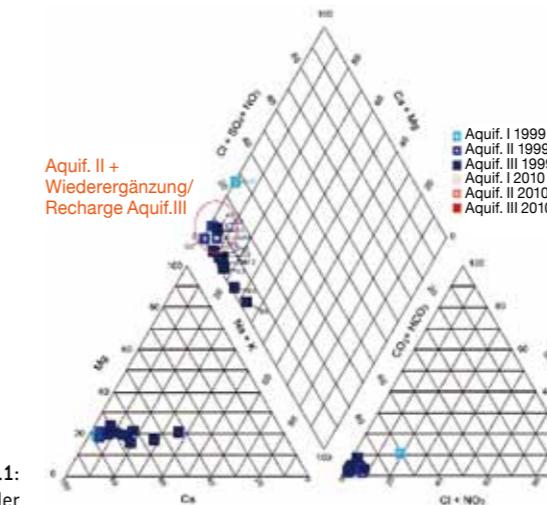
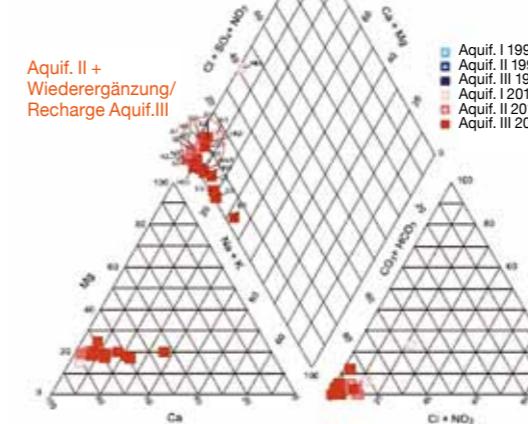


Abb. 5.1:  
Piperdiagramme der  
1999 (blau) und 2010  
(rot) gewonnenen  
Wasserproben

Figure 5.1:  
Diagrams de Piper  
des échantillons prélevés  
en 1999 (bleu)  
et 2010 (rouge)



### 5.2.1 Hauptinhaltstoffe und C14

Die Konzentrationen der Hauptinhaltstoffe und ausgewählter Spurenstoffe zeigen eine Abhängigkeit von den  $^{14}\text{C}$ -Aktivitäten. Die  $^{14}\text{C}$ -Aktivitäten spiegeln, zumindest relativ, die Grundwasserverweildauer wider und nehmen vom Wiederergänzungsgebiet zum tiefen Aquifer III hin ab. Die Ergebnisse zeigen, dass die Konzentrationen der monovalenten Kationen (Na, K) kontinuierlich in Fließrichtung bis auf das sechsfache der Ausgangskonzentration zunehmen, mit sehr konstanten Werten von 1999 bis 2010. Die bivalenten Kationen (Ca, Mg) bleiben annähernd konstant bei 50 bis 60 mg/L (Ca) und 10 mg/L (Mg), während das Spurenelement Sr der Entwicklung des Na folgt und um das sechsfache zunimmt. Die Siliziumkonzentrationen steigen zuerst an und nähern sich dann einem Schwellenwert von 30 mg/L in den tiefen Aquiferbereichen.

Für alle Kationen zeigt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Werte beider Mess-

### 5.2.1 Chimie des éléments majeurs et C14

Les concentrations des éléments majeurs et de quelques éléments traces sont représentées en fonction des activités  $^{14}\text{C}$ . Les activités  $^{14}\text{C}$  reflètent, tout au moins de façon relative, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère et diminuent de la zone de recharge vers l'aquifère profond. Les résultats indiquent que les concentrations des cations monovalents (Na, K) augmentent de façon continue d'un facteur 6 dans le sens de l'écoulement, avec des valeurs très constantes de 1999 à 2010. Les cations bivalents (Ca, Mg) quant à eux restent constants à 50-60 mg/L (Ca) et 10 mg/L (Mg), tandis que l'élément trace Sr suit l'évolution du Na et augmente d'un facteur 6. Les concentrations en silice augmentent initialement pour atteindre un palier de 30 mg/L dans les niveaux profonds de l'aquifère.

Pour tous les cations, on observe une excellente concordance des valeurs des deux campagnes de mesure, espacées de 11 ans, à l'exception du

kampagnen, die 11 Jahre auseinanderliegen. Eine Ausnahme zeigt sich im Wasser der Messstelle E III, dessen  $^{14}\text{C}$ -Aktivität sich zugleich mit allen Kationenkonzentrationen deutlich vermindert hat.

## 5.2.2 Strontium

Die Analyse des Strontiumisotope der Studie von 1999 (Kloppmann et al., 2001) hatte gezeigt, dass im Aquifer III (UGWL) dieses Element nicht von den Karbonaten des Wiederergänzungsgebietes (Löss) und auch nicht aus dem Aquifermaterial selbst stammt (Feinfraction). Die ausgezeichnete Korrelation der  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte mit der inversen Konzentration  $1/\text{Sr}$  deutet darauf hin, dass es sich um eine Mischung von zwei Komponenten handelt. Die ersten sind die Wässer des Wiederergänzungsgebietes die über den Aquifer II in den Aquifer III infiltrieren. Die zweite Komponente, mit radiogeneren Werten ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  erhöht) dürfte mit den Tonen der oligozänen Aquitarde (Basis des UGWL) zusammenhängen. Die gute Korrelation der Strontiumisotope mit den  $^{14}\text{C}$ -Aktivitäten und mit den Grundwasserspiegelverhältnissen zeigt, dass ein Sr-Eintrag über die gesamte Fließstrecke im Aquifer stattfindet. Dies könnte mit einem Wasserstrom aus noch tieferen Grundwasserleitern über die Basis des UGWL zusammenhängen oder mit Reaktionen durch Mineralien der Aquitarde oder mit Diffusion aus dem Porenraum. In Anbetracht des Verhaltens der anderen Elemente und des  $^{14}\text{C}$  scheint die Hypothese eines diffusiven Eintrags am wahrscheinlichsten.

Von 1999 bis 2010 wurden für die meisten Messstellen in den Aquifern II und III, eine systematische Verschiebung der  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Werte zu radiogeneren Werten hin, bei nahezu gleichbleibenden Konzentrationen (Abb. 5.2) beobachtet. Die einzige Messstelle die keine deutliche Verschiebung zeigt ist B III. Dieses Phänomen kann durch eine verstärkte Beanspruchung des Aquifers und damit auch der Aquitarde (durch die Grundwasserentnahme?) gedeutet werden, die einen verstärkten advektiven oder diffusiven Zufluss zum Aquifer III aber auch zum Aquifer II hin zeigt. Bemerkenswert ist jedoch, dass diese Entwicklung nicht von einer systematischen Konzentrationserhöhung begleitet ist.

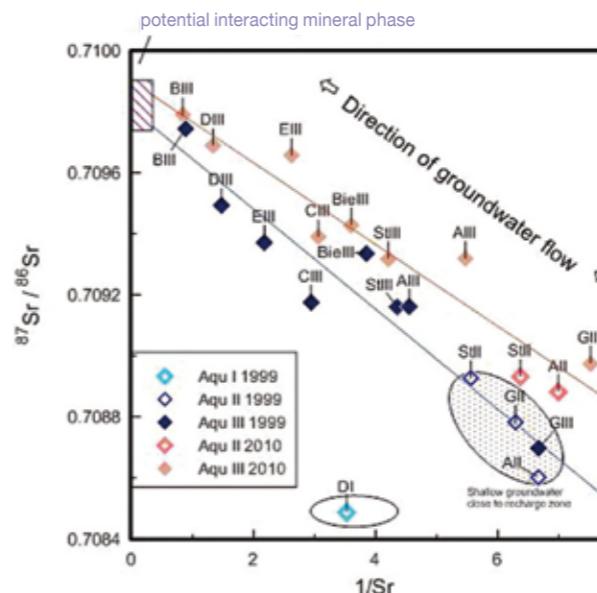
piézomètre E III dont l'activité  $^{14}\text{C}$  a nettement diminué en même temps que les concentrations des autres cations.

## 5.2.2 Strontium

L'analyse des isotopes du strontium dans le cadre de l'étude de 1999 (Kloppmann et al., 2001) a révélé que dans l'aquifère III (aquifère profond) cet élément ne provient ni des carbonates de la zone de recharge (loess) ni de la matrice de l'aquifère (fraction fine). La parfaite corrélation entre  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  avec la concentration inverse  $1/\text{Sr}$  indique qu'il s'agit d'un mélange entre deux composantes. La première composante correspond aux eaux de la zone de recharge qui s'infiltrent dans l'aquifère III à travers l'aquifère II. La deuxième composante, plus radiogénique ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  élevés) devrait être en relation avec les argiles de l'aquitard oligocène (base de l'aquifère profond). La bonne corrélation entre les isotopes du strontium et les activités  $^{14}\text{C}$  et les niveaux piézométriques prouve qu'un apport de Sr a lieu sur l'ensemble de la trajectoire d'écoulement dans l'aquifère. Cela pourrait être dû à un flux venant d'aquifères encore plus profonds à travers la base de l'aquifère profond ou à des réactions par des minéraux de l'aquitard ou à une diffusion de la porosité interstitielle. Compte tenu du comportement des autres éléments et du  $^{14}\text{C}$ , cette hypothèse d'un apport diffus semble la plus probable.

De 1999 à 2010, on a observé, sur la plupart des piézomètres dans les aquifères II et III, un décalage systématique des valeurs  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vers des valeurs plus radiogéniques, les concentrations restant quasiment les mêmes (figure 5.2). Le seul piézomètre à ne pas montrer de décalage notable est le B III. Ce phénomène peut s'expliquer par une sollicitation accrue de l'aquifère et, par conséquent, de l'aquitard (par les prélevements ?) qui montre un flux advectif ou diffus plus élevé vers l'aquifère III mais aussi vers l'aquifère II. On notera néanmoins que cette évolution n'est pas accompagnée d'une augmentation systématique des concentrations.

Abb. 5.2:  
 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs.  $1/\text{Sr}$   
für 1999 et 2010  
Figure 5.2:  
 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs.  $1/\text{Sr}$   
pour 1999 et 2010



## 5.3 Grundwasserverweildauer

### 5.3.1 Tritium, CFC, SF6

In der Auswertung der Messkampagne 1999 enthielten nur die Messstellen D I und Steinfeld II Tritiumkonzentrationen über der Nachweisgrenze von 1 TU (20 und 4 TU). 2010 wurden noch einmal die Messstellen Steinfeld II, Steinfeld III, A II, A III und G III analysiert. In der Messstelle Steinfeld II (MGWL) ist nach wie vor Tritium nachweisbar (3 TU) und die Messstelle A II enthält heute eine Konzentration von 2 TU. Die anderen Messstellen im Aquifer III (UGWL), bleiben unterhalb der Nachweisgrenze. Dies ist ein erster Hinweis auf einen beschleunigten Grundwasserfluss im Aquifer II (A II mit leicht erhöhtem Wert). Im UGWL wurde kein Tritium festgestellt.

Alle Messstellen die auf FCKWs und SF6 hin untersucht wurden (Steinfeld III, Steinfeld II, A II, A III, GIII, N II, HN I, HN II, G II, W II, K II, HS II) enthalten zumindest F11 und F12 in nachweisbaren Konzentrationen. Steinfeld III, Steinfeld II, AII, A III, GIII, HN I, HN II enthalten darüber hinaus F113 und SF<sub>6</sub>. Dieser Nachweis ist ein Indikator junger Wässer sowohl im Aquifer II als auch im Aquifer III. Der Nachweis von F113 und SF<sub>6</sub> steht nicht notwendigerweise im Widerspruch mit den Tritiumwerten, die zwischen 0 und 1 TU (Nachweisgrenze) liegen könnten. Die meisten FCKW und SF<sub>6</sub>-Werte liegen nahe der Nachweisgrenze, wenn man die Messfehler berücksichtigt.

Aus den Datierungen ergibt sich, dass der OGWL (Messstelle HN I) relativ junges Grundwasser enthält, mit einer durchschnittlichen Verweildauer von 4 Jahren nach dem Exponen-

### 5.3 Temps de résidence de l'eau dans l'aquifère

#### 5.3.1 Tritium, CFC, SF6

Lors de la campagne de mesures de 1999, seuls les piézomètres D I et Steinfeld II présentaient des concentrations en tritium au-dessus de la limite de détection de 1 TU (20 et 4 TU). En 2010, de nouvelles analyses ont été réalisées au niveau des piézomètres Steinfeld II, Steinfeld III, A II, A III et G III. Au piézomètre Steinfeld II (aquifère médian), le tritium est toujours décelable (3 TU) et le piézomètre A II présente aujourd'hui une concentration de 2 TU. Les autres piézomètres dans l'aquifère profond restent en dessous de la limite de détection. Ceci constitue un premier indice d'un écoulement accéléré de l'eau dans l'aquifère II (A II présente une valeur légèrement plus élevée). Aucune teneur en tritium n'a été détectée dans l'aquifère profond.

L'ensemble des piézomètres analysés pour leur teneur en CFC et en SF6 (Steinfeld III, Steinfeld II, A II, A III, GIII, N II, HN I, HN II, G II, W II, K II, HS II) contiennent au moins du F11 et du F12 dans des concentrations décelables. Steinfeld III, Steinfeld II, AII, A III, GIII, HN I, HN II contiennent en plus du F113 et du SF<sub>6</sub>. Cette présence est un indicateur de la présence d'eaux jeunes dans l'aquifère II et dans l'aquifère III. La présence de F113 et de SF<sub>6</sub> n'est pas forcément en contradiction avec les teneurs en tritium qui pourraient être comprises entre 0 et 1 TU (limite de détection). La plupart des teneurs en CFC et SF<sub>6</sub> sont proches de la limite de détection, si l'on prend en considération les erreurs de mesure.

Il résulte des datations que l'aquifère supérieur (piézomètre HN I) contient de l'eau relativement

tialmodell, welches typischer Weise dem freien und oberflächennahen Grundwasser des OGWL entspricht. In den meisten Messstellen des MGWL sind die FCKWs nachweisbar, die Konzentrationen liegen jedoch nahe der Nachweisgrenze. Man kann daraus auf das Vorhandensein einer Jungwasserkomponente schließen (<60 Jahre) aber eine genauere Datierung ist nicht möglich. Die Messstellen All und AllI sowie GIII weisen untereinander ähnliche Konzentrationen auf, die Wiederergänzung kann auf die 60er bis 70er Jahre datiert werden.

Insgesamt liegen die untersuchten Grundwässer im Alter an der Grenze der Anwendungsmöglichkeit der FCKW-SF<sub>6</sub>-Methode.

### 5.3.2 Radiokarbonaltersbestimmung und Schlussfolgerungen

Wie schon 1999, steigen die Radiokarbonalter im UGWL in Fließrichtung zu den Brunnen an, es ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit der Grundwassergleichenkarte.

Vergleicht man jedoch die Radiokarbon-, „Alter“ mit den Fließgeschwindigkeiten die sich aus dem hydrodynamischen Modell ergeben (Schomburgk et al., 2001, Schomburgk et Hamm, 2008), so zeigt sich eine deutliche Abweichung. Das Modell erlaubt es, die Fließdauer auf Fließwegen zwischen den Entnahmepunkten und den Wiederergänzungspunkten an der Oberfläche zu berechnen (Abb. 5.3). Die maximale Fließdauer für die Entnahmepunkte im UGWL erreicht 200 Jahre für die Messstellen B und D während die <sup>14</sup>C-Alter der Wässer dieser Messstellen bei 5800 und 3100 Jahren liegen.

jeune, avec une durée moyenne de résidence de 4 ans d'après le modèle exponentiel qui correspond typiquement aux eaux superficielles libres de l'aquifère supérieur. Dans la plupart des piézomètres de l'aquifère médian, les CFC sont décelables, les concentrations étant néanmoins proches de la limite de détection. On peut en conclure la présence d'une composante d'eau jeune (<60 ans) mais une datation plus précise n'est pas possible. Les piézomètres All et AllI ainsi que GIII présentent des concentrations similaires, la recharge pouvant se situer dans les années 60 à 70.

Globalement, l'âge des eaux étudiées se situe à la limite de la possibilité d'application de la méthode de datation CFC-SF<sub>6</sub>.

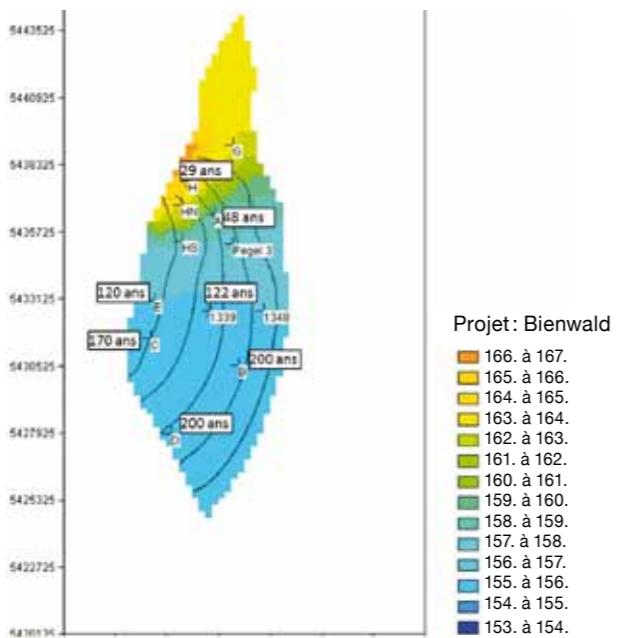
### 5.3.2 Datation par le radiocarbone et conclusions

Comme en 1999, les «âges» radiocarbone dans l'aquifère profond augmentent dans le sens de l'écoulement vers les puits; on obtient par conséquence une bonne concordance avec la carte des isopièzes.

Or, la comparaison des «âges» radiocarbone avec les vitesses d'écoulement du modèle hydrodynamique (Schomburgk et al., 2001, Schomburgk et Hamm, 2008) fait apparaître un net écart. Le modèle permet de calculer le temps de parcours sur des trajectoires entre les points de prélèvement et les points de recharge à la surface (figure 5.3). Le temps de parcours maximum pour les points de prélèvement dans l'aquifère profond atteint 200 ans pour les piézomètres B et D, tandis que les âges <sup>14</sup>C des eaux de ces points sont compris entre 5800 et 3100 ans.

**Abb. 5.3:**  
Altersverteilung im UGWL-  
Vergleich zwischen der  
Berechnung mit dem  
hydrodynamischen Modell  
[Farbskala] und der ersten Auswertung  
der <sup>14</sup>C-Datierung  
(Zahlen in der Abbildung)

**Figure 5.3:**  
Répartition des âges dans  
l'aquifère profond –  
comparaison entre  
le calcul à l'aide du modèle  
(échelle de couleur) et  
la première interprétation  
de la datation au <sup>14</sup>C  
(chiffres de la figure)



In der Literatur gibt es nur sehr wenige Studien, verglichen mit der Gesamtheit der Arbeiten über <sup>14</sup>C-Datierung von Grundwässern, die die Möglichkeit eines <sup>14</sup>C-Verlusts durch physikalische Prozesse in Grundwasserleiter in Betracht ziehen. Sanford (1997) schlägt ein Modell zur Korrektur der Diffusionsprozesse bei der Berechnung von Radiokarbonaltern vor. Kloppmann hat dieses Modell für Grundwasserleiter im Kontakt mit Aquitarden entwickelt und unter stationären Bedingungen eingesetzt.

Die Modellergebnisse haben zu folgenden Schlussfolgerung geführt:

- Es sind in der Tat die diffusiven Prozesse welche die Grundwasserchemie im UGWL bestimmen und eine «Falle» für das <sup>14</sup>C darstellen.
- Die Diffusion herrscht in der Verminderung der <sup>14</sup>C-Aktivitäten, im Vergleich zum radioaktiven Zerfall, vor. Dies führt zu, um eine Größenordnung, zu hohen Modellalters.
- Die korrigierten Alter, die sich von 0 auf 350 Jahre erhöhen, sind in guter Übereinstimmung mit dem Grundwassergleichenplan. Man kann also durchaus die relativen Alter vergleichen.
- Die korrigierten Alter sind mit dem hydrodynamischen Modell kompatibel, selbst wenn man bedenkt, dass letzteres auch den Transfer aus den Aquiferen I und II berücksichtigt.
- Die korrigierten Alter liegen in der gleichen Größenordnung wie die aus den FCKWs/SF<sub>6</sub> und <sup>3</sup>H-Gehalten für den Aquifer II und die oberen Bereiche des Aquifers III (Messstellen A III und G III) abgeleiteten Alter. Dies lässt auf eine junge Komponente (<60 Jahre) schließen.
- Eine „Verjüngung“ von etwa 30 Jahren wird für die Wiederergänzungszone des Aquifer III angenommen, die sich im tiefen Bereich vermindert (0 für D III, 13 Jahre für B III).

Von 1999 bis 2010 lässt sich eine systematische Verminderung der <sup>14</sup>C-Aktivitäten und der korrigierten Alter für alle Messstellen im Anstrom von D III beobachten. Dies kann als Zeichen für eine Verjüngung des Grundwassers gedeutet werden, beispielsweise durch eine Vergrößerung der Fließgeschwindigkeiten auf Grund der Entnahme im zentralen Bereich des Aquifers III. Diese Verjüngung zeigt sich in der Abbildung 5.4 durch eine Abweichung der Punkte von der Geraden mit Steigung 1, die sich bis zum Bienwaldbrunnen nachweisen lässt, im Abstrom aber stark gedämpft ist. Es scheint also, dass die Entnahmen aus dem UGWL das Grundwasserfließen vom Wiederergänzungsgebiet bis zu den Brunnen beschleunigt.

Sur la totalité des travaux sur la datation au <sup>14</sup>C des eaux souterraines, la littérature ne recèle que peu d'études prenant en considération la possibilité d'une perte de <sup>14</sup>C par des processus physiques dans l'aquifère. Sanford (1997) propose un modèle de correction des processus de diffusion lors du calcul des âges radiocarbone. Kloppmann a utilisé ce modèle pour les aquifères en contact avec des aquitards et dans des conditions stationnaires.

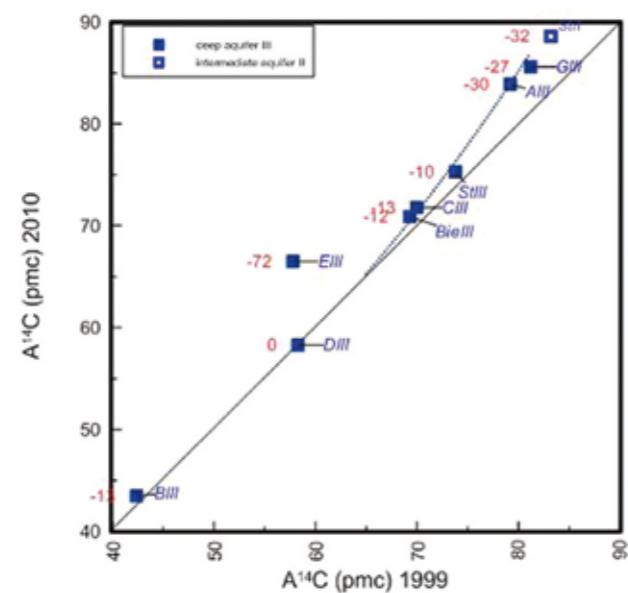
Les résultats du modèle ont amené aux conclusions suivantes :

- Ce sont en effet les processus diffus qui déterminent la chimie des eaux souterraines dans l'aquifère profond et constituent un «piège» pour le <sup>14</sup>C.
- La diffusion prédomine dans la réduction des activités <sup>14</sup>C par rapport à la décomposition radioactive. Cela donne des âges modélisés élevés d'un ordre de grandeur.
- Les âges corrigés qui augmentent de 0 à 350 ans concordent bien avec la carte des isopièzes. On peut donc tout à fait comparer les âges relatifs.
- Les âges corrigés sont compatibles avec le modèle hydrodynamique, même si on considère que ce dernier tient également compte du transfert des aquifères I et II.
- Les âges corrigés sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus à partir des teneurs en CFC/SF<sub>6</sub> et <sup>3</sup>H pour l'aquifère II et les parties supérieures l'aquifère III (piézomètres A III et G III). Ceci indique une composante jeune (<60 ans).
- Un «rajeunissement» d'environ 30 ans est présumé pour la zone de recharge de l'aquifère III qui diminue dans la partie profonde (0 pour D III, 13 ans pour B III).

Entre 1999 et 2010, on observe une diminution systématique des activités <sup>14</sup>C et des âges corrigés pour l'ensemble des piézomètres en amont de D III. Ceci peut être interprété comme un signe de rajeunissement de la nappe, par exemple par une augmentation de la vitesse d'écoulement en raison du prélèvement dans la zone centrale de l'aquifère III. Dans la figure 5.4, ce rajeunissement se traduit par un écart des points de la droite avec une pente 1 décelable jusqu'au Bienwaldbrunnen mais fortement modérée en aval. Il semblerait donc que les prélèvements dans l'aquifère profond accélèrent l'écoulement de l'eau souterraine de la zone de recharge jusqu'aux puits.

Abb. 5.4:  
 $^{14}\text{C}$ -Aktivitäten 2010 und  
 1999 im Vergleich,  
 in rot: Differenz  $^{14}\text{C}$ -  
 Alter 2010 – 1999

Figure 5.4:  
 Comparaison  
 des activités  
 $^{14}\text{C}$  2010 et 1999,  
 en rouge : différence  
 âge  $^{14}\text{C}$  2010 – 1999



## 5.4 Qualität der Grundwasservorkommen

### Physikalisch-chemische Eigenschaften der Rohwässer im MGWL und UGWL

Das im Bienwaldbrunnen aus dem Unteren Grundwasserleiter (UGWL) gewonnene Rohwasser wird in der Aufbereitungsanlage im WW Steinfeld, auf Grundlage der Trinkwasserverordnung, zu Trinkwasser aufbereitet. Es steht hierzu eine zweistufige Aufbereitungsanlage zur Verfügung. In der ersten Stufe der Aufbereitungsanlage wird das Rohwasser durch Ausblasen der Kohlensäure  $\text{CO}_2$  entsäuert und anschließend das in Folge des Sauerstoffeintrages oxidierte Eisen in den Druckfilterkesseln abfiltriert. Zur Feststellung, ob das Rohwasser im MGWL ebenfalls die gleiche physikalisch-chemische Zusammensetzung wie das Wasser im UGWL aufweist oder eventuell nicht mit dem Rohwasser des UGWL mischbar ist bzw. eventuell eine zusätzliche Aufbereitungsstufe benötigt, müssen die Rohwässer aus dem MGWL und UGWL physikalisch-chemisch analysiert und miteinander verglichen werden.

Zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung des Rohwassers im MGWL wurde im Versuchsbrunnen W II am 19.04.2011 eine Rohwasserprobe gewonnen und chemisch analysiert. Die Analysenergebnisse der Beprobung der Rohwässer im UGWL und MGWL sind im Anhang 3 (auf CD) dokumentiert. Festgestellt werden konnte an Hand der chemischen Parameter der Rohwasserprobe, dass die gemessene Calcitlösekapazität vorh.  $\text{CaCO}_3 = 55 \text{ mg/L}$  netto supérieure au seuil fixé par le règlement TrinkwV I § 14 de  $\text{CaCO}_3 = 55 \text{ mg/L}$  den Grenzwert der TrinkwV I § 14 von

## 5.4 Qualité de la ressource en eau souterraine

### Propriétés physico-chimiques des eaux brutes dans l'aquifère médian et dans l'aquifère profond

L'eau brute captée dans l'aquifère profond au niveau du Bienwaldbrunnen est transformée en eau potable dans l'installation de traitement de l'eau de la station de captage de Steinfeld conformément au règlement fédéral concernant l'eau potable (*Trinkwasserverordnung*). Il s'agit d'un système de traitement de l'eau à deux niveaux. Au premier niveau, l'eau brute est désacidifiée par extraction du  $\text{CO}_2$ ; le fer oxydé du fait de l'oxygénéation est ensuite éliminé dans des filtres-presses. Pour déterminer si l'eau brute dans l'aquifère médian a la même composition physico-chimique que celle de l'aquifère profond ou si elle peut être mélangée à celle de l'aquifère profond ou encore si un niveau de traitement supplémentaire est nécessaire, les eaux brutes des deux aquifères, médian et profond, doivent être soumises à une analyse physico-chimique et comparées.

Pour connaître la composition chimique de l'eau brute dans l'aquifère médian, un échantillon d'eau brute a été prélevé dans le puits d'exploration W II le 19/04/2011 puis analysé. Les résultats des analyses de l'échantillonnage des eaux brutes de l'aquifère profond et de l'aquifère médian sont documentés dans l'annexe 3 (sur CD). On a observé, sur la base des paramètres chimiques de l'échantillon d'eau brute, que la capacité de dissolution de la calcite mesurée de  $\text{CaCO}_3 = 55 \text{ mg/L}$  est nettement supérieure au seuil fixé par le règlement TrinkwV I § 14 de  $\text{CaCO}_3 = 55 \text{ mg/L}$  den Grenzwert der TrinkwV I § 14 von

zul.  $\text{CaCO}_3 = 5 \text{ mg/L}$  deutlich übersteigt. Die gemessene Gesamthärte liegt bei  $11,40 \text{ °dH}$ . Das Rohwasser ist somit in den Härtebereich Mittel einzustufen. Der gemessene Manganwert ist entsprechend der TrinkwV zwar eingehalten, liegt aber mit vorh.  $\text{Mn} = 0,041 \text{ mg/L}$  im Grenzbereich des Grenzwertes von zul.  $\text{Mn} = 0,05 \text{ mg/L}$ .

Weitere physikalisch-chemische Parameter des Rohwassers aus dem MGWL, welche die Anforderungen zur TrinkwV nicht erfüllen, konnten nicht festgestellt werden.

Um einen zeitnahen Vergleich der physikalisch-chemischen Eigenschaften zwischen den Rohwässern aus dem MGWL und UGWL zu erhalten, wurde im Bienwaldbrunnen aus dem UGWL am 20.10.2011 ebenfalls eine Rohwasserprobe gewonnen und eine Analyse durchgeführt. Ergebnis dieser Analyse ist, dass ebenso wie im MGWL die Calcitlösekapazität mit vorh.  $\text{CaCO}_3 = 96 \text{ mg/L}$  deutlich über dem Grenzwert der TrinkwV § 14 von zul.  $\text{CaCO}_3 = 5 \text{ mg/L}$  liegt. Die Gesamthärte wurde mit  $10,0 \text{ °dH}$  ermittelt. Das Wasser ist, wie das Wasser im MGWL, in den Härtebereich Mittel einzustufen. Abweichend vom Rohwasser im MGWL wurde jedoch beim Rohwasser im UGWL festgestellt, dass das Eisen (Fe) mit vorh.  $\text{Fe} = 0,80 \text{ mg/L}$  über dem zulässigen Grenzwert nach TrinkwV von zul.  $\text{Fe} = 0,20 \text{ mg/L}$  liegt. Ebenso wie im Rohwasser des MGWL ist auch beim Rohwasser im UGWL der Grenzwert für Mangan mit einem gemessenen Wert von vorh.  $\text{Mn} = 0,043 \text{ mg/L}$  eingehalten, er liegt aber in der Nähe des zulässigen Grenzwertes der TrinkwV von  $0,05 \text{ mg/L}$ .

Die gemessenen Leitfähigkeiten des Rohwassers im MGWL mit  $359 \mu\text{S/cm}$  und im UGWL mit  $350 \mu\text{S/cm}$  sind annähernd gleich, so dass mit Ausnahme des Eisengehaltes im UGWL von annähernd gleichen Rohwässern im MGWL und im UGWL ausgegangen werden kann.

**Fazit der physikalisch-chemischen Analyse der Rohwässer im MGWL und UGWL ist, dass beide Rohwässer ohne Probleme mischbar sind und eine ausgezeichnete Wasserqualität besitzen.**

Für das Rohwasser aus dem MGWL ist es lediglich erforderlich, durch Ausblasen der Kohlensäure  $\text{CO}_2$  den pH-Wert auf 7,70 anzuheben, so dass dann die Anforderungen nach der TrinkwV erfüllt sind und die Calcitlösekapazität nicht mehr maßgebend ist. Das Rohwasser aus dem UGWL hingegen ist etwas aufwändiger aufzubereiten. Durch Ausblasen der Kohlensäure  $\text{CO}_2$  wird der pH-Wert auf 7,70 angehoben, zusätzlich muss noch der Eisengehalt auf den zulässigen Grenzwert der TrinkwV von

=  $5 \text{ mg/L}$ . La dureté totale mesurée est de l'ordre de  $11,40 \text{ °dH}$ . L'eau brute est donc de dureté moyenne. Si la teneur en manganèse mesurée est conforme au règlement, elle se situe néanmoins, avec  $\text{Mn} = 0,041 \text{ mg/L}$ , à la limite de la valeur seuil fixée à  $\text{Mn} = 0,05 \text{ mg/L}$ .

Aucun autre paramètre physico-chimique de l'eau brute de l'aquifère médian non conformes à la réglementation n'a été décelé.

Afin d'obtenir une comparaison rapide des propriétés physico-chimiques des eaux brutes des deux aquifères, médian et profond, un échantillon d'eau brute de l'aquifère profond a été prélevé et analysé le 20/10/2011. Le résultat de cette analyse indique que la capacité de dissolution de la calcite mesurée de  $\text{CaCO}_3 = 96 \text{ mg/L}$  est elle aussi nettement supérieure au seuil fixé par le règlement TrinkwV § 14 de  $\text{CaCO}_3 = 5 \text{ mg/L}$ . La dureté totale de cette eau étant de l'ordre  $10,0 \text{ °dH}$ , elle est de dureté moyenne comme celle de l'aquifère médian. La différence avec ce dernier réside dans la teneur en fer (Fe) de  $\text{Fe} = 0,80 \text{ mg/L}$  qui est supérieure au seuil réglementaire de  $\text{Fe} = 0,20 \text{ mg/L}$ . En revanche, la teneur mesurée en manganèse se situe également, avec  $\text{Mn} = 0,043 \text{ mg/L}$ , à la limite du seuil réglementaire de  $0,05 \text{ mg/L}$ .

Les conductivités mesurées de l'eau brute de  $359 \mu\text{S/cm}$  dans l'aquifère médian et de  $350 \mu\text{S/cm}$  dans l'aquifère profond sont approximativement équivalentes de telle sorte que l'on peut considérer qu'à l'exception de la teneur en fer dans l'aquifère profond, les eaux brutes de l'aquifère médian et de l'aquifère médian sont quasiment identiques.

On peut déduire de l'analyse physico-chimique des eaux brutes dans l'aquifère médian et dans l'aquifère profond que les deux nappes peuvent être mélangées sans problème et possèdent une excellente qualité.

L'eau brute de l'aquifère médian nécessite seulement un relèvement du pH à 7,70 par extraction du  $\text{CO}_2$ . Les valeurs imposées par le règlement seront ainsi respectées et la capacité de dissolution de la calcite ne sera plus déterminante. Le traitement de l'eau de l'aquifère profond, en revanche, est plus complexe. L'extraction du  $\text{CO}_2$  permet de relever le pH à 7,70 mais la teneur en fer doit en plus être réduite à la valeur seuil réglementaire de  $< 0,20 \text{ mg/L}$ . L'installation de traitement existante sur le site de Steinfeld a été redimensionnée pour traiter l'eau de l'aquifère profond. Les études prouvent que les eaux brutes provenant des deux aquifères peuvent être traitées et mélangées dans cette installation. Du fait des plus faibles teneurs en fer de l'eau

< 0,20 mg/L abfiltriert werden. Für das Rohwasser aus dem UGWL wurde die vorhandene Aufbereitungsanlage im WW Steinfeld ausgelegt und gebaut. Die Untersuchungen zeigen, dass die Rohwässer aus dem MGWL und dem UGWL in der Aufbereitungsanlage ohne Probleme aufbereitet und gemischt werden können. Auf Grund des geringeren Eisengehaltes des Rohwassers im MGWL und des damit verbundenen geringeren Aufwandes zur Aufbereitung, sollte das Rohwasser aus dem MGWL vorrangig zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung genutzt werden. Voraussetzung ist aber, dass durch den Pumpbetrieb im MGWL keine Beeinträchtigung (Grundwasserabsenkungen) im OGWL messbar ist. Dementsprechend wurden für den Versorgungsbereich des WW Steinfeld die zukünftigen Brunnenentnahmen zu zwei Dritteln auf den MGWL und zu einem Drittel auf den UGWL aufgeteilt.

brute de l'aquifère médian permettant un traitement moins complexe, l'eau de cet aquifère doit être utilisée de manière prioritaire pour l'alimentation en eau potable à condition que le pompage dans l'aquifère médian n'entraîne pas de rabattement de la nappe dans l'aquifère supérieur. C'est la raison pour laquelle les futurs prélevements de la station de Steinfeld ont été répartis à deux tiers sur l'aquifère médian et à un tiers sur l'aquifère profond.

## 6.

# Numerisches Grundwassерmodell Modèle hydrodynamique

Die Grundwassermodellierung zur hydraulischen Untersuchung des MGWL ist eine Weiterentwicklung der Modelluntersuchung für die Studie 1999/2001 zur Erschließung des pliozänen Grundwasserleiters (UGWL) mit dem Bienwaldbrunnen [5]. Für den dreischichtigen Modellaufbau zur Berechnung der Entnahmeauswirkungen auf den OGWL, MGWL und UGWL mussten weitere Grundwassermessstellen im Untersuchungsraum eingerichtet werden. In einem Bohrprogramm 2009/2010 wurden im Untersuchungsraum 10 weitere Bohrungen durchgeführt und zu Messstellen ausgebaut (Haftelhof Nord HN I, II und III, Haftelhof Süd HS II und III, Steinfeld W IA und Versuchsbrunnen W II, Niederrotterbach N II und III sowie Kapsweyer Grillplatz K II). Ziel des Bohrprogramms war es, die einzelnen Grundwasserleiter, insbesondere den Mittleren Grundwasserleiter welcher in der 1. Studie noch dem Oberen Grundwasserleiter zugeordnet worden war, näher zu bestimmen. Aufgabe der modifizierten numerischen Grundwassermodellierung war es, eine bessere Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen den drei Grundwasserleitern zu erhalten, um die zukünftigen Entnahmeauswirkungen durch Brunnen im MGWL und UGWL, besonders auf die Wasserstände im OGWL, besser bewerten zu können. Die Modelluntersuchung dient somit der Optimierung einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung, um Vorgaben für ein verbessertes Wasserressourcen-Management zu erhalten.

### 6.1 Zielsetzung

Die neu entwickelte vertikale Struktur des GrundwassermodeLLs (drei durch gering durchlässige Zwischenschichten voneinander getrennte Grundwasserleiter) hat zu einer Neukalibrierung der hydrodynamischen Parameter der einzelnen Grundwasserleiter (wie z. B. Durchlässigkeitswerte der Schichten, freie und gespannte Grundwasserverhältnisse, Festlegung der Grundwassererneuerungsbereiche) und der Zwischenschichten (Leakage-Effekt) sowie der Wasserhaushaltsparameter zur Ermittlung der Grundwassererneuerung geführt. Mit dem Modell kann die Piezometerhöhe jedes Grundwasserleiters an den Messstellen auf zufrieden-

La modélisation hydrodynamique dans le cadre des études sur l'aquifère médian fait suite à la modélisation réalisée dans le cadre de l'étude réalisée en 1999/2000 au niveau du Bienwaldbrunnen en vue de l'exploitation de l'aquifère du pliocène [5]. Le modèle multicouche pour le calcul des répercussions des prélevements sur les aquifères supérieur, médian et profond a nécessité la mise en place de piézomètres supplémentaires dans la zone d'étude. Dans le cadre du programme de forage 2009/2010, 10 nouveaux forages ont été réalisés (Haltenhof Nord HN I, II et III, Haltenhof Sud HS II et III, Steinfeld W IA et WII, Niederrotterbach N II et III, Kapsweyer Grillplatz K II) afin de mieux caractériser les différents aquifères, notamment l'aquifère médian du Pliocène qui, dans les études précédentes, était rattaché à l'aquifère supérieur du Quaternaire. L'objectif de la modélisation numérique modifiée était de mieux connaître l'aquifère médian et ses relations avec l'aquifère supérieur et l'aquifère profond afin de mieux évaluer l'influence des futurs prélevements dans l'aquifère médian et profond, en particulier sur les niveaux dans l'aquifère supérieur. La modélisation sert ainsi à l'optimisation d'une exploitation durable de la ressource dans le but d'obtenir des directives pour une meilleure gestion de la ressource.

### 6.1 Objectif

La nouvelle structure verticale du modèle (trois niveaux aquifères séparés par des intercalaires peu perméables) a donné lieu à un recalage des paramètres hydrodynamiques caractérisant chaque aquifère (perméabilité, emmagasinement libre ou captif) et niveau intercalaire (drainance) ainsi que des paramètres hydriques pour le calcul de la recharge. Le modèle permet de reproduire de manière satisfaisante la charge hydraulique de chaque niveau aquifère aux piézomètres de référence. Un calcul des bilans hydrauliques permet d'identifier les périodes de stockage et de déstockage du système aquifère multicouche.

Cette modélisation plus fine permet de disposer d'un instrument pour calculer des scénarios de prélevement. Trois scénarios prévisionnels ont été simulés pour mieux évaluer l'influence des

stellende Weise reproduziert werden. Durch Berechnung der Wasserbilanz können die Phasen der Speicherung und der Entleerung des aus mehreren Stockwerken bestehenden Grundwasserleitersystems bestimmt werden.

Mit dieser verfeinerten Grundwassermodellierung steht ein Instrument zur Verfügung, mit dem Entnahmeszenarien berechnet werden können. Hierfür wurden drei Prognose-Szenarien simuliert, um besser beurteilen zu können inwieweit sich die Grundwasserentnahmen auf die beiden unteren (MGWL und UGWL) zur Wasserversorgung genutzten Grundwasserleiter auswirken. Diese Szenarienuntersuchungen waren notwendig, da sich in der Vergangenheit gezeigt hat, dass die Entnahmen aus dem UGWL zu einer Überbeanspruchung der Grundwasserressource geführt haben.

## 6.2 Das Modellprogramm

### 6.2.1 Aufbau des hydrodynamischen Modells

Für eine optimale Nachbildung der natürlichen Untergrundverhältnisse eines Grundwasserleiters mit einem Grundwassermodell ist es erforderlich, den geologischen Aufbau und die physikalischen Eigenschaften (Porosität, Durchlässigkeit) der Grundwasserleiter und der Zwischenschichten mit der Modellstruktur optimal zu erfassen. Das schematische geologische Untergrundmodell des plioänen Grundwasserleiters von Wissembourg – Bad Bergzabern wurde vom Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB-RP) mit GoCAD erstellt und diente als Rahmen um das mit der MARTHE™ Software entwickelte dynamische Simulationsmodell aufzubauen zu können.

Der Modellaufbau beinhaltet 5 Schichten, bestehend aus der Simulation von drei Grundwasserstockwerken und zwei Zwischenschichten. Der MARTHE™ Code wurde bereits bei den vorhergehenden Modelluntersuchungen 2001 und 2007 eingesetzt (Phasen 1 und 2 des INTERREG II-Projektes). Das Modell dient insbesondere zur Berechnung der Strömungen in drei Dimensionen oder Mehrschichten-Strömungen bei freien oder gespannten Grundwasserverhältnissen und des Austauschs zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer.

### 6.2.2 Übergang vom geologischen Modell zum hydrodynamischen Modell

Ausgehend von den verfeinerten geologischen Untergrundkenntnissen des Gebietes (Bohrungs-

prélèvements dans les deux aquifères, médian et profond utilisés pour l'alimentation en eau. Ces calculs étaient nécessaires car la phase d'étude antérieure a démontré que les prélèvements dans l'aquifère profond ont trop sollicité la ressource en eau souterraine.

## 6.2 Le programme de modélisation

### 6.2.1 Construction du modèle hydrodynamique

La modélisation géologique d'un aquifère et de ses intercalaires est un préalable à la réalisation de modèles d'écoulement. Elle consiste à construire une représentation 3D des formations géologiques et de leurs propriétés physiques (porosité, perméabilité). Le modèle géologique du système aquifère de la nappe du Pliocène de Wissembourg – Bad Bergzabern a été réalisé par le Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB-RP) avec le géo-modeleur GoCAD. Il a servi de cadre au modèle de simulation dynamique des écoulements développé avec le logiciel MARTHE™ pour une structure en 5 couches dont 3 niveaux aquifères. Le code MARTHE™ a déjà été utilisé pour les modèles précédents de l'aquifère multicouche, en 2001 et en 2007 (phases 1 et 2 du projet INTERREG). Le modèle permet notamment de calculer les écoulements en trois dimensions et en multicouche pour des nappes libres ou captives, avec prise en compte des échanges nappe-rivière.

### 6.2.2 Passage du modèle géologique au modèle hydrodynamique

Un modèle géologique à 5 couches (dont 3 couches aquifères) a été construit avec GoCAD à partir de l'étude géologique affinée du site. Ce modèle couvre une fenêtre de 12 km x 25 km. Ces couches représentent du sommet à la base :

- L'aquifère supérieur constitué de sables moyens à grossiers sur une épaisseur de 2 à 53 m (moyenne de 22,7 m)
- Un niveau intercalaire argileux à fort pourcentage de fines, de 0 à 20 m d'épaisseur (moyenne de 5,6 m)
- L'aquifère médian constitué de sables fins à moyens sur une épaisseur de 4 à 87 m (moyenne de 38,4 m)
- Un niveau intercalaire d'argiles et de limons sur une épaisseur de 1 à 30 m (moyenne de 13 m)
- L'aquifère profond constitué de sables moyens à grossiers épais de 0 à 36 m (moyenne de 15,2 m).

daten und geophysikalische Messungen) wurde mit GoCAD ein 5-Schichten-Modell (davon 3 Grundwasserleiter) erstellt. Das Modell deckt einen 12 km x 25 km großen Untersuchungsraum ab. Die Abfolge der Schichten von oben bis unten ist folgende:

- Oberer Grundwasserleiter (OGWL), bestehend aus mittel- bis grobkörnigen Sanden, Mächtigkeit zwischen 2 und 53 m (durchschnittlich 22,7 m)
- Tonhaltige Zwischenschicht zwischen dem OGWL und dem MGWL mit hohem feinkörnigem Anteil, Mächtigkeit zwischen 0 und 20 m (durchschnittlich 5,6 m)
- Mittlerer Grundwasserleiter (MGWL), bestehend aus feinem Sand, Mächtigkeit zwischen 4 und 87 m (durchschnittlich 38,4 m)
- Ton- und lehmhaltige untere Zwischenschicht zwischen MGWL und UGWL, Mächtigkeit zwischen 1 und 30 m (durchschnittlich 13 m)
- Unterer Grundwasserleiter (UGWL), bestehend aus mittel- bis grobkörnigen Sanden, Mächtigkeit zwischen 0 und 36 m (durchschnittlich 15,2 m)

Die Abb. 6.1 zeigt eine schematische Darstellung der Geologie des Gebietes sowie der bei dem Modell 2001 verwendeten Geometrie (zwei Grundwasserleiter, Oberer und Mittlerer GWL zusammengefasst sowie UGWL) und der neuen Geometrie 2011 mit drei unterschiedlichen, durch geringe durchlässige Zwischenschichten voneinander getrennten, Grundwasserleitern (OGWL, MGWL und UGWL).

	GW-Modell 2001		GW-Modell 2011		
Schichten Séquence	Aquifer/Aquiclude Aquifère/Aquiclude	Stratigraphie	Lithologie	Mächtigkeit épaisseur	GW-Modell Modèle hydrodyn.
QSF	Aquifer I / OGWL Aquifère I	Quaternaire/Pliozän Quaternaire/ Pliocène	mittel- bis grobkörnige Sande, sables moyens à grossiers	max. 15 m max. 15 m	OGWL
		Pliozän/Pliozän			
MSF	Zwischenschicht / intercalaire	Quaternaire/Pliozän Quaternaire/ Pliocène	mehrere Lagen mit hohem feinkörnigen Anteil, im Mittelbereich durchgängig / plur. couches à fort % de fines, continues en zone centrale	einge Meter plusieurs mètres	OGWL Schicht 1 couche 1
	Aquifer II / MGWL Aquifère II	Tertiär/Pliozän Tertiaire/Pliocène	Fels und Muttererde, Zwischen- lagen von Sähen, org. Mat., durchgängig / sables fins à moyens, intercalaires du fels. mat. org., niveau continu		
UZH	Zwischenschichten / UZH Intercalaires	Tertiär/Pliozän Tertiaire/Pliocène	Tone und Silte, geringer Kalkanteil, durchgängig / argiles et limons, très faible % de calcaire niveau continu	6 - 20 m	UZB Schicht 2 couche 2
	Aquifer III / UGWL Aquifère III	Tertiär/Pliozän Tertiaire/Pliocène	mittel- bis grobkörnige Sande, org. Material, sables moyens à grossiers, mat. org., niveau continu	7 - 20 m	
t	Aquiferbasis Substratum	Tertiär/Tertiare Miozän/Oligozän	Tone, Tormerge, Tonsteine, Schiste, Kalksteine Argile, marnes, argile et limons, calcaire	einge 100 m: que	t

Abb. 6.1:  
Geometrien der  
Grundwassermodelle  
1999/2001 und 2011  
  
Figure 6.1:  
Géométries des modèles  
hydrodynamiques  
1999/2001 et 2011

La figure 6.1 donne une représentation schématique de la géologie du site ainsi que de la géométrie utilisée dans le modèle 2001 (deux couches aquifères, aquifère supérieur et médian regroupés) et la nouvelle géométrie 2010 avec trois couches aquifères distinctes séparées par des intercalaires peu perméables (aquifère supérieur, médian et profond).

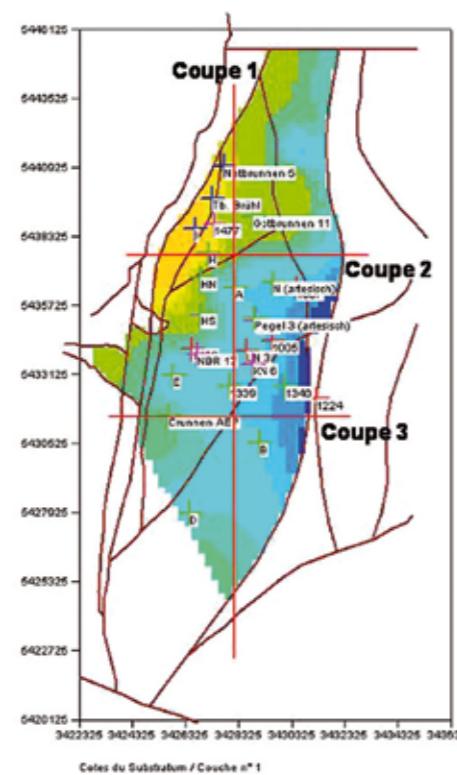
Die vom Geologiemodell gelieferten Informationen zu den einzelnen Schichten (Oberfläche und Basis der Schichten) wurden in einem geeigneten Format (X; Y; Z SUB 1; Z SUB 2;... Z SUB 5) in einer Auflösung von 250 m exportiert und anschließend direkt in den Vorprozessor des MARTHE Codes importiert.

Die Abb. 6.2 bis 6.7 zeigen jeweils die Geometrie der Oberfläche und der Basis in einem einheitlichen Gitternetzraster, mit einer Seitenlänge von 250 m, wie sie bei den Strömungsberechnungen verwendet wurden.

Die seitliche Ausdehnung des hydrodynamischen Modells unterscheidet sich auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse und der hydraulischen Randbedingungen von derjenigen des geologischen Modells. Da im südlichen Teil des Untersuchungsraums keine Bohrungen bekannt bzw. vorhanden sind, beschränken sich die Kenntnisse auf die Interpretierung der geophysikalischen Schnitte (Studie 1999). Die grenzüberschreitende Arbeitsgruppe (LAG) hat daher beschlossen, das Strömungsmodell in südlicher Richtung nicht über die am südlichst gelegene Messstelle D hinaus zu führen.

In den Abbildungen sind auch die wichtigsten Kluftflächen (Störungen) dargestellt, die den Unteren mit dem Mittleren Grundwasserleiter verbinden können (z.B. die Querklüftung im Norden des Modells, wo ein Ansteigen der Sohle des Mergelbodens stattfindet). Die Abb. 6.2 beinhaltet drei Schnittebenen, einen Nord-Süd-Schnitt und zwei West-Ost-Schnitte.

**Abb. 6.2:**  
Lokalisierung der Schnittebenen im Modell und Basis UGWL  
(Farbskala in m NN)  
**Figure 6.2:**  
Localisation des plans de coupe dans le modèle et de la base de l'aquifère profond (échelle de couleur en m NN)



Les différentes informations des couches (toit et substratum des couches) ont ensuite été exportées à un format approprié (X; Y; Z SUB 1; Z SUB 2;... Z SUB 5) au pas de 250 m pour être importées directement dans le préprocesseur du code MARTHE.

Les figures 6.2 à 6.7 montrent la géométrie du toit et de la base de chaque couche du modèle géologique et du modèle hydrodynamique selon une grille uniforme constituée de mailles carrées de 250 m, maille retenue pour les simulations hydrodynamiques.

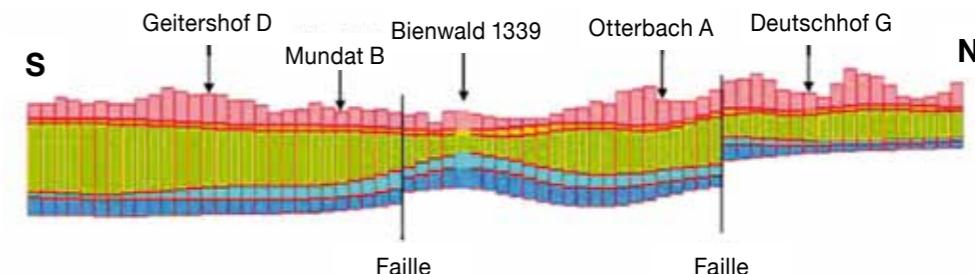
Le modèle hydrodynamique présente une extension latérale différente de celle du modèle géologique pour des raisons hydrogéologiques et de conditions aux limites hydrauliques.. Aucun forage n'étant connu dans la partie sud de la nappe, les connaissances se limitent à l'interprétation des coupes géophysiques (étude 1999). Il a de ce fait été décidé par le groupe de travail transfrontalier (LAG) de limiter vers le sud le modèle d'écoulement au piézomètre D le plus méridional.

Sur ces figures sont également représentées les failles majeures qui peuvent mettre en connexion les aquifères profond et médian (cas de la faille transversale au nord du modèle où l'on note une remontée du substratum marneux). La figure 6.2 indique la position de trois plans de coupe, une coupe Nord-Sud et deux coupes Ouest-Est.

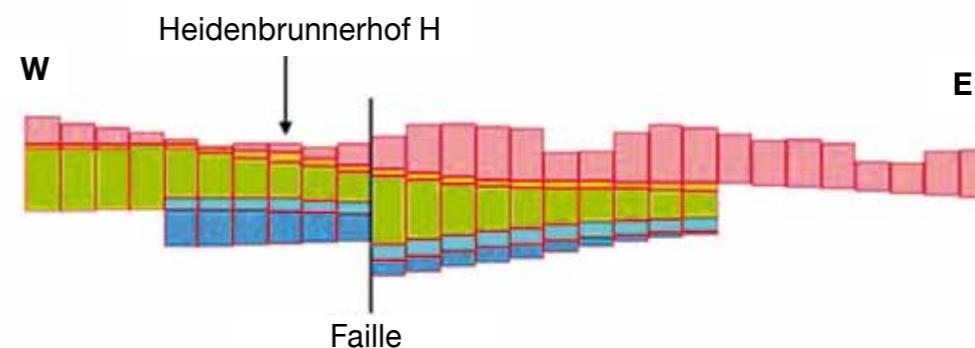
In den Abb. 6.3 bis 6.5 sind die drei Schnitte mit Angaben der am nächsten gelegenen Messstellen dargestellt.

Les figures 6.3 à 6.5 représentent les sections de ces coupes, avec projection des piézomètres les plus proches.

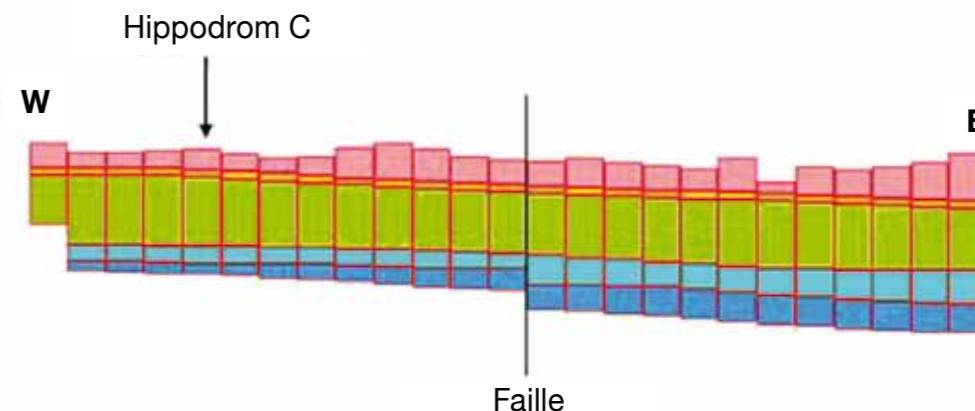
**Abb. 6.3:**  
N-S-Schnitt [Coupe 1] durch das Modell  
(Modellzelle mit einer Seitenlänge von 250 m)  
**Figure 6.3:**  
Coupe N-S [coupe 1] du modèle  
(mailles de 250 de côté)



**Abb. 6.4:**  
W-O-Schnitt [Coupe 2] durch das Modell  
(Modellzelle mit einer Seitenlänge von 250 m)  
**Figure 6.4:**  
Coupe W-E [coupe 2] du modèle  
(mailles de 250 m de côté)



**Abb. 6.5:**  
W-O-Schnitt [Coupe 3] durch das Modell  
(Modellzelle mit einer Seitenlänge von 250 m)  
**Figure 6.5:**  
Coupe W-E (coupe 3) du modèle  
(mailles de 250 m de côté)



### 6.3 Eingangsparameter

Bei den Eingangsdaten für die numerische Strömungsberechnung handelt es sich in der Regel um räumlich dargestellte Daten verschiedener Art:

- Speisungsdaten (Modellinput) für das Modell, hierbei handelt es sich einerseits um die Grundwasserneubildung (Teil des Niederschlags, der bis ins Grundwasser eindringt) und die möglichen Eintritte (Randzuflüsse) über die seitlichen Grenzen des Modells (Festpotential);
- Entnahmedaten, die den Entnahmen von Grundwasser aus den Brunnen für die Trinkwasserversorgung der Gemeinden Wissembourg und Bad Bergzabern entsprechen;
- Hydrologische Daten (Wasserspiegel der Oberflächengewässer, Sohlhöhe, Durchlässigkeit der Gewässersohle, etc.) die zur Berechnung des Austausches zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer eingesetzt werden. Im Rahmen dieses Modells ist das Hauptoberflächengewässer die Lauter und
- Hydrodynamischen Daten, bei denen es sich um Daten handelt, welche die Grundwasserleiter charakterisieren (Durchlässigkeitskennwert, Speicherkoefizient, freie oder gespannte Grundwasseroberfläche, etc.).

#### 6.3.1 Speisung des Grundwassersystems

Die Berechnung der Infiltration basiert auf einer Berechnung der hydroklimatischen Bilanz pro Tag nach dem GARDENIA Schema (Thiéry, 2003) und ist mit der Berechnung der Piezometerhöhen in MARTHE gekoppelt. Die zur Berechnung erforderlichen Daten sind:

- > der Bruttoniederschlag (mm/T);
- > die potentielle Evapotranspiration (mm/T);
- > der für die Evapotranspiration verfügbare Vorrat (mm) für die ersten Meter des Bodens (entspricht dem leicht nutzbaren Wasservorrat der Agronomen);
- > die Halbwertszeit der Versickerung (TPERC) und die Höhe Abfluss-Versickerung (NRUIP) für die Zerlegung der Strömung in zwei Komponenten (schnell: Abfluss, langsam: Versickerung in Richtung Grundwasser).

Die Werte für Tagesniederschlag und potentielle Evapotranspiration stammen vom Deutschen Wetterdienst (DWD). Die Abb. 6.6 zeigt die im Modell verwendeten Ganglinien Tagesniederschlag und potentielle Evapotranspiration.

### 6.3 Paramètres d'entrée

Les données «d'entrée» d'un modèle d'écoulement souterrain sont en général des données spatialisées de différentes natures :

- les données d'alimentation du modèle qui sont, d'une part la recharge de l'aquifère (partie de la pluie s'infiltrant jusqu'à la nappe), et d'autre part les entrées possibles par les limites latérales du modèle (potentiel imposé) ;
- les données de prélèvement qui correspondent ici aux prélèvements pour l'eau potable des communes de Wissembourg et Bad Bergzabern ;
- les données hydrologiques (cote de l'eau de la rivière, cote du lit, perméabilité du lit, etc.) qui sont utilisées pour les calculs des flux nappe-rivière. Dans le cadre de ce modèle, la rivière principale est la Lauter et
- les données hydrodynamiques qui sont les paramètres caractérisant l'aquifère (perméabilité et emmagasinement libre ou captif, etc.).

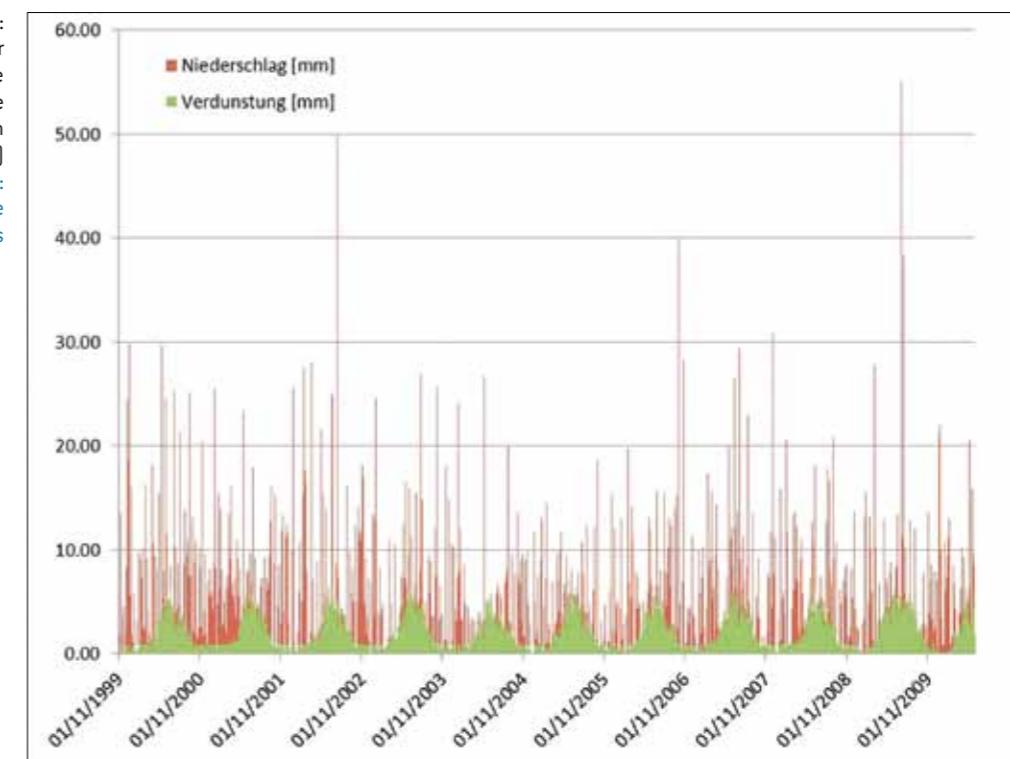
#### 6.3.1 Alimentation du système aquifère multicouche

Le calcul de l'infiltration est basé sur un calcul de bilan hydro-climatique au pas journalier selon le schéma de GARDENIA (Thiéry, 2003) et couplé au calcul des charges dans MARTHE. Les données nécessaires au calcul sont :

- > la pluie brute (mm/j) ;
- > l'ETP (mm/j) ;
- > la RDE (Réserve Disponible pour l'Evapotranspiration) pour les premiers mètres du sol (équivalent de la RFU utilisée par les agronomes) ;
- > le temps de demi-percolation (TPERC) et la hauteur d'équi-ruissellement-percolation ((NRUIP) pour la décomposition de l'écoulement en deux composantes (rapide : ruissellement, lente : percolation vers la nappe).

Les valeurs de la pluie et d'ETP sont issues du Service Météorologique allemand (DWD). La figure 6.6 montre les chroniques de pluie et d'ETP journalières utilisées dans le modèle.

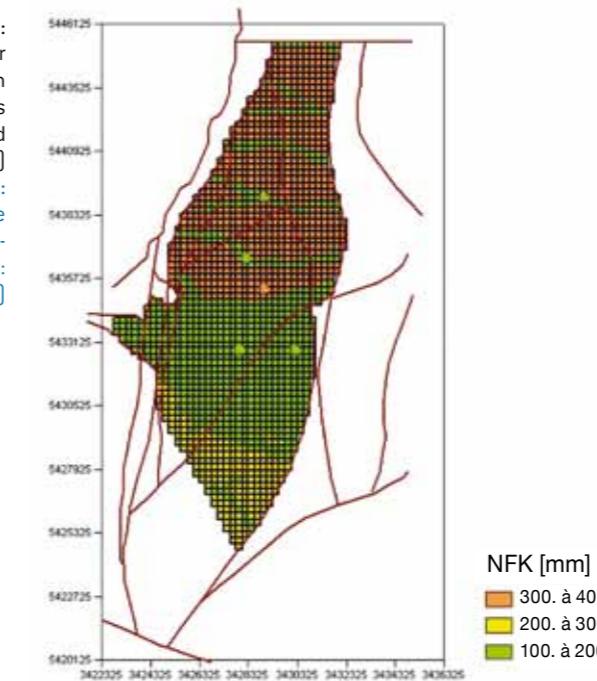
**Abb. 6.6:**  
Ganglinien der  
Tagesniederschläge  
und potentielle  
Evapotranspiration  
[Verdunstung]  
**Figure 6.6:**  
Chroniques de pluie  
et d'ETP journalières



Die Werte für den für die Evapotranspiration verfügbaren Vorrat wurden von französischer Seite in einem 30 m-Raster (grenzüberschreitendes Modell MoNit) und von deutscher Seite (vom LGB Mainz) in einem 200 m-Raster bereitgestellt und sind in einem 250 m-Raster wiedergegeben (Abb. 6.7). Die Parameter der unterirdischen Strömung (TPERC und NRUIP) werden durch Kalibrierung des numerischen Modells festgelegt. Der Parameter NRUIP wird auf 300 mm und TPERC zwischen 1 und 3 Tagen je nach Mächtigkeit der ungesättigten Zone festgesetzt.

Les valeurs de la réserve disponible pour l'évapotranspiration ont été fournies au pas de 30 m côté français (modèle transfrontalier MoNit) et 200 m côté allemand (par le LGB Mainz). Elles sont restituées à la grille de 250 m (figure 6.7). Les paramètres de l'écoulement souterrain (TPERC et NRUIP) sont fixés par calage du modèle numérique. Le paramètre NRUIP est fixé à 300 mm et TPERC entre 1 et 3 jours suivant l'épaisseur de la zone non saturée.

**Abb. 6.7:**  
Verteilung des für  
die Evapotranspiration  
verfügbarer Vorrats  
[NFK: Nutzbare Feld  
kapazität]  
**Figure 6.7:**  
Répartition de la réserve  
disponible pour l'éva-  
potranspiration [NFK:  
Nutzbare Feld kapazität]

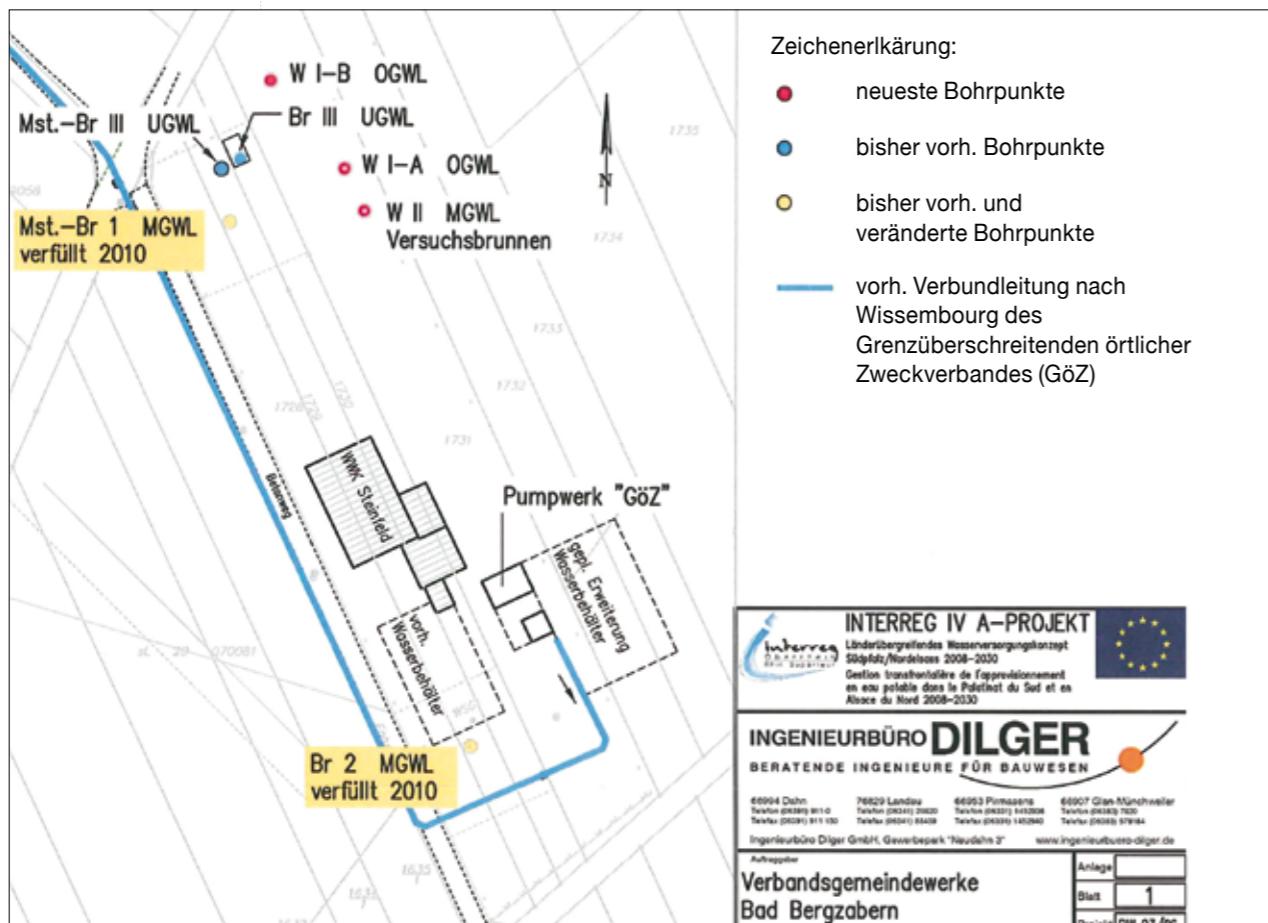


### 6.3.2 Entnahmen aus den zwei Grundwasserleitern

Die Entnahmen zur Trinkwasserversorgung der Gemeinden Wissembourg auf französischer Seite und Bad Bergzabern auf deutscher Seite erfolgen durch drei Brunnen, von denen zwei Brunnen (Brunnen III Steinfeld und Bienwaldbrunnen) den Unteren Grundwasserleiter und ein Brunnen (Versuchsbrunnen W II, Steinfeld) den Mittleren Grundwasserleiter erfassen.

Die ehemaligen Brunnen I und II Steinfeld wurden zum Jahresende 2010 verfüllt (Abb. 6.8). In der Vergangenheit wurde hauptsächlich der Bienwaldbrunnen und der Brunnen III Steinfeld bewirtschaftet, der ehemalige Brunnen II Steinfeld konnte bei Bedarf dazu geschaltet werden. Der temporär auftretende artesische Auslauf des Pegelbrunnens III Steinfeld wird ebenfalls genutzt (Abb. 6.9).

Abb. 6.8:  
Lageplan der Brunnen und Messstellen im Wasserwerk Steinfeld  
Figure 6.8:  
Plan de positionnement des puits et piézomètres sur le site de Steinfeld



In der Zeit von 2000-2010 wurden im Weiteren in fünf Brunnen und Messstellen Pumpversuche (Bienwaldbrunnen 1339, Messstelle All, Messstelle GIII, WW Steinfeld Br II und W II) durchgeführt. In der Tabelle 6.1 sind die Ergiebigkeit und die Dauer der Pumpversuche für jeden Brunnen zusammengefasst.

### 6.3.2 Prélèvements dans les deux aquifères

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable des communes de Wissembourg côté français et Bad Bergzabern côté allemand sont assurés par trois forages dont deux captant l'aquifère profond (puits III Steinfeld et Bienwaldbrunnen) et un captant l'aquifère médian (puits d'exploration W II, Steinfeld).

Les anciens puits I et II Steinfeld ont été abandonnés fin 2010 (figure 6.8). Dans le passé, la quasi-totalité des prélèvements était réalisée dans le Bienwaldbrunnen et dans le puits III de Steinfeld, le puits II de Steinfeld servant de réserve en cas de besoin. Le débit artésien du puits III apparaissant temporairement est également mis à profit (figure 6.9).

Ort	Name	GWL	Phase I			Phase II			Phase III			Phase IV		
			von	bis	Entnahme	von	bis	Entnahme	von	bis	Entnahme	von	bis	Entnahme
Bienwald	1339	III	14/02/00	14/03/00	50 l/s									
Otterbach	A	II	18/05/00	29/05/00	5,2 l/s									
Deutschhof	G	III	10/10/06	20/11/06	3,25 l/s									
WWK Steinfeld	Br. II	II	01/10/08	10/10/08	12,22 l/s	11/10/08	17/10/08	15,28 l/s	18/10/08	19/10/08	26,39 l/s	20/10/08	24/10/08	15,28 l/s
WWK Steinfeld	W	II	18/11/08	21/11/08	9,72 l/s	22/11/08	21/12/08	15,28 l/s	21/12/08	06/01/10	20,00 l/s			
Frankreich	D	I	03/04/07	03/05/07	*									
WWK Steinfeld	W	II	28/06/11	05/07/11	12,29 l/s									
WWK Steinfeld	W	II	02/12/11	03/12/11	9,72 l/s	03/12/11	06/12/2011	13,89 l/s	06/12/2011	25/01/2012	19,44 l/s			

\*Pumpe eingehängt durch Bauer zur Feldbewässerung (Hopfen)

Tab. 6.1:  
Pumpversuche in Brunnen und Messstellen im Zeitraum 2000-2010  
Tableau 6.1:  
Pompages d'essai dans les puits et piézomètres entre 2000 et 2010

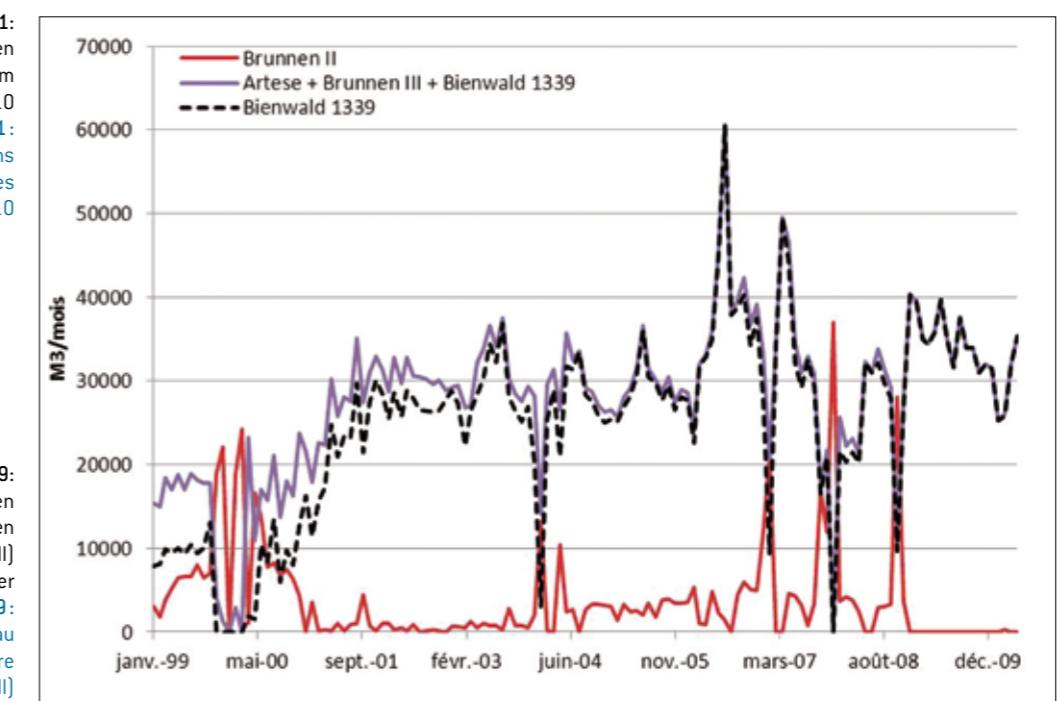


Abb. 6.9:  
Grundwasserentnahmen aus dem Mittleren [II] und Unteren [III] Grundwasserleiter  
Figure 6.9:  
Prélèvements en eau potable dans l'aquifère médian [II] et profond [III]

### 6.3.3 Hydrodynamische Parameter des Grundwassersystems

Die hydrodynamischen Parameter Durchlässigkeit und Speicherkoeffizient (freier oder gespannter Aquifer) sind Kennwerte, die durch Modellanpassung der piezometrischen Höhe jedes Grundwasserstockwerks gewonnen werden. Die Durchlässigkeitswerte für die drei Grundwasserleiter (A I, A II und A III) und die zwei Zwischenschichten (I I und I II) sind in Tabelle 6.2 zusammengefasst.

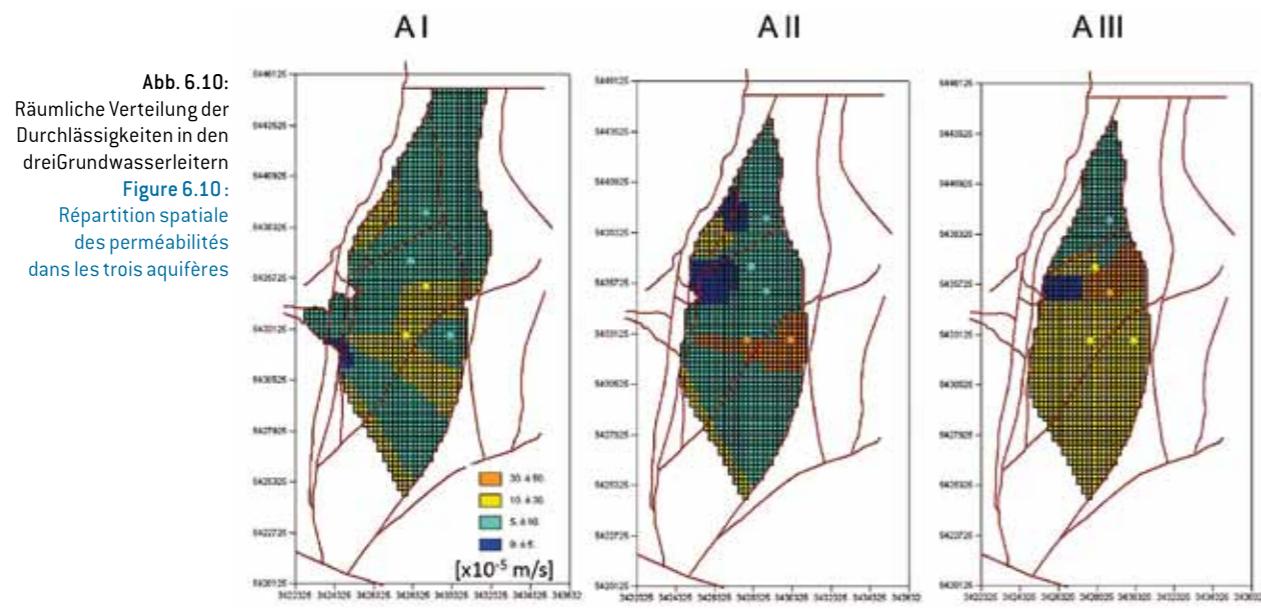
Tab. 6.2:  
Durchlässigkeitswerte (kf-Wert m/s) für die drei Grundwasserleiter und für die zwei Zwischenhorizonte  
Tableau 6.2:  
Valeurs des perméabilités (valeur kf m/s) des trois niveaux aquifères et des deux niveaux intercalaires

	OGWL	oberer ZHZ	MGWL	unterer ZHZ	UGWL
Perméabilité	A I	I I	A II	I II	A III
Minimum	5,00E-06	2,00E-10	5,00E-06	2,50E-11	3,00E-05
Maximum	2,50E-04	1,00E-06	4,00E-04	2,10E-08	3,10E-04
Moyenne	9,30E-05	4,80E-08	1,30E-04	5,90E-10	1,70E-04
Ecartype	6,50E-05	1,50E-07	1,40E-04	3,30E-09	8,00E-05

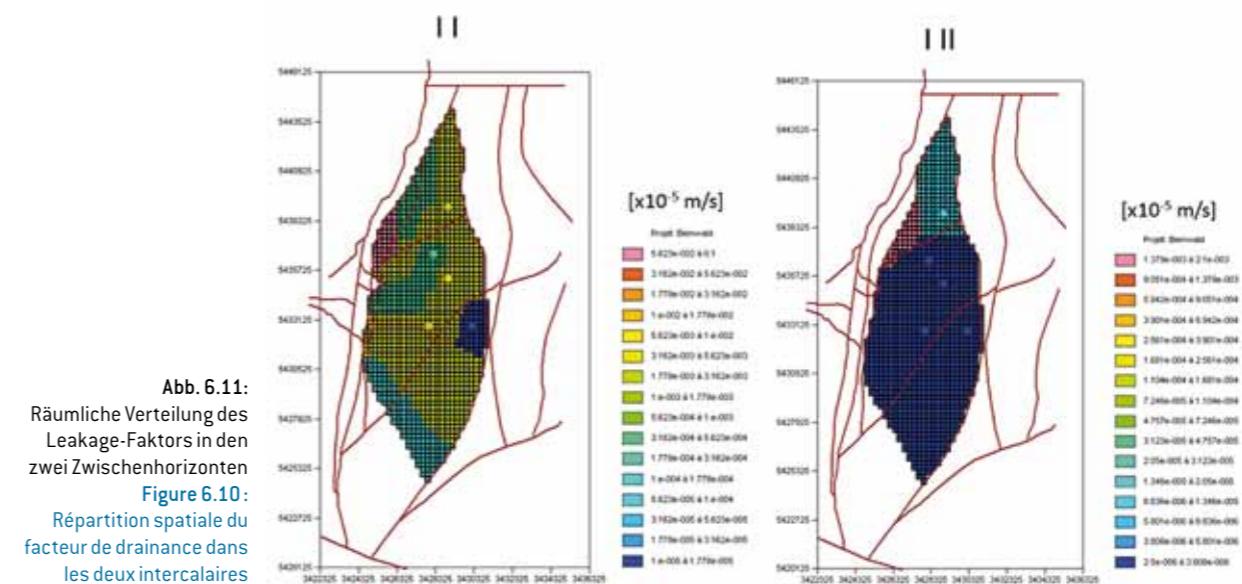
### 6.3.2 Paramètres hydrodynamiques du système multicouche

Les valeurs des paramètres hydrodynamiques que sont la perméabilité et le coefficient d'emmagasinement (libre ou captif) ont été obtenues par calage des charges hydraulique dans chaque niveau aquifère. Les valeurs des perméabilités par aquifère (A I, A II et A III) et niveau intercalaire (I I et I II) sont récapitulées dans le tableau 6.2.

Die Abbildungen 6.10 und 6.11 zeigen ihre räumliche Verteilung. Die Durchlässigkeitswerte schwanken im Durchschnitt zwischen  $9 \cdot 10^{-5}$  und  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s für die Grundwasserleiter und zwischen  $6 \cdot 10^{-10}$  und  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s für die gering durchlässigen Zwischenschichten (Leakage-Faktor). Die Durchlässigkeitswerte der Grundwasserleiter liegen ziemlich nahe beieinander, wobei die Durchlässigkeit im mittleren und unteren Grundwasserleiter etwas höher ist als im Oberen Grundwasserleiter. Bei den Zwischenschichten ist die Zwischenschicht II (Unterer Zwischenhorizont), die den Mittleren vom Unteren Grundwasserleiter trennt, um zwei Größenordnungen (Faktor 100) weniger durchlässig als die Zwischenschicht I, die den Oberen vom Mittleren Grundwasserleiter trennt. Ein durchlässiger Bereich im Nordwesten des Modells ermöglicht die Grundwasserneubildung im Mittleren und Unteren Grundwasserleiter durch Zusickerung aus dem Oberen Grundwasserleiter. Der Speicherkoeficient bei freien Wasserspiegeln beträgt 10 % und der spezifische Speicherkoeficient liegt zwischen  $5 \cdot 10^{-6}$  und  $4 \cdot 10^{-5}$  m<sup>-1</sup>.



Les figures 6.10 et 6.11 montrent leur répartition spatiale. En moyenne, les perméabilités varient de  $9 \cdot 10^{-5}$  à  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s pour les aquifères et de  $6 \cdot 10^{-10}$  à  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s pour les niveaux intercalaires peu perméables (facteur de drainance). Les perméabilités des niveaux aquifères sont assez voisines avec néanmoins une perméabilité un peu plus forte dans les aquifères médian et profond. Pour les niveaux intercalaires, l'intercalaire II (intercalaire inférieur) séparant l'aquifère médian du profond est moins perméable de deux ordres de grandeur (facteur 100) par rapport à l'intercalaire I séparant l'aquifère supérieur du médian. Une zone plus perméable au nord-ouest du modèle permet la recharge depuis l'aquifère superficiel vers le médian et le profond. Le coefficient d'emmagasinement libre est de 10 % et l'emmagasinement spécifique varie entre  $5 \cdot 10^{-6}$  et  $4 \cdot 10^{-5}$  m<sup>-1</sup>.



## 6.4 Modellkalibrierung/Modellgüte

### 6.4.1 Kalibrierung der Grundwasserstände im Übergangszustand

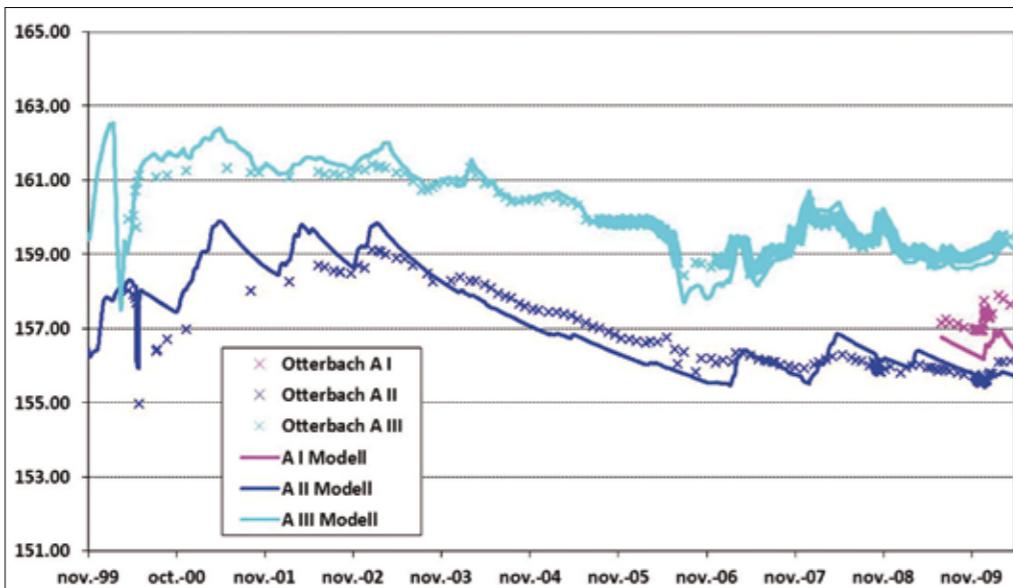
Das Messstellennetz des Mehrschicht-Grundwassersystems umfasst 43 Messstellen, von denen 16 den Oberen, 14 den Mittleren und 13 den Unteren Grundwasserleiter erfassen. Bei den ältesten Messstellen liegen Beobachtungswerte seit 1999 und bei den neueren Messstellen seit 2009 vor. Die zeitlichen Veränderungen der simulierten Piezometerhöhen wurden an die gemessenen Werte angepasst. Die simulierten Piezometerhöhen sind, was die Variationsdynamik und den relativen Pegelstand anbetrifft, mit den beobachteten Werten in jedem Grundwasserleiter konsistent. Amplitudenabweichungen im Meterbereich oder kleiner sind zuweilen messbar. Ein Kalibrierungsbeispiel für die drei Grundwasserleiter ist durch den Vergleich zwischen Beobachtung und Simulation für die Messstellen AI, AII und AIII, Otterbach (Abb. 6.12) dargestellt.

## 6.4 Calage du modèle / qualité du modèle

### 6.4.1 Calage en régime transitoire des niveaux piézométriques

Le système multicouche est suivi par un réseau de 43 piézomètres, dont 16 captant l'aquifère superficiel, 14 l'aquifère médian et 13 le profond. Pour les plus anciens, on dispose du suivi depuis 1999, et pour les plus récents depuis 2009. Les variations temporelles simulées ont été ajustées en fonction des charges hydrauliques mesurées dans chacun des piézomètres. Pour chaque aquifère, les niveaux hydrauliques simulés sont parfaitement cohérents en dynamique de variation et en niveau relatif avec les observations. Des écarts en amplitude, de l'ordre métrique ou inférieur, sont parfois mesurables. Un exemple de calage pour les trois aquifères est donné avec la comparaison entre l'observation et la simulation au droit des piézomètres AI, AII et AIII, Otterbach (figure 6.12).

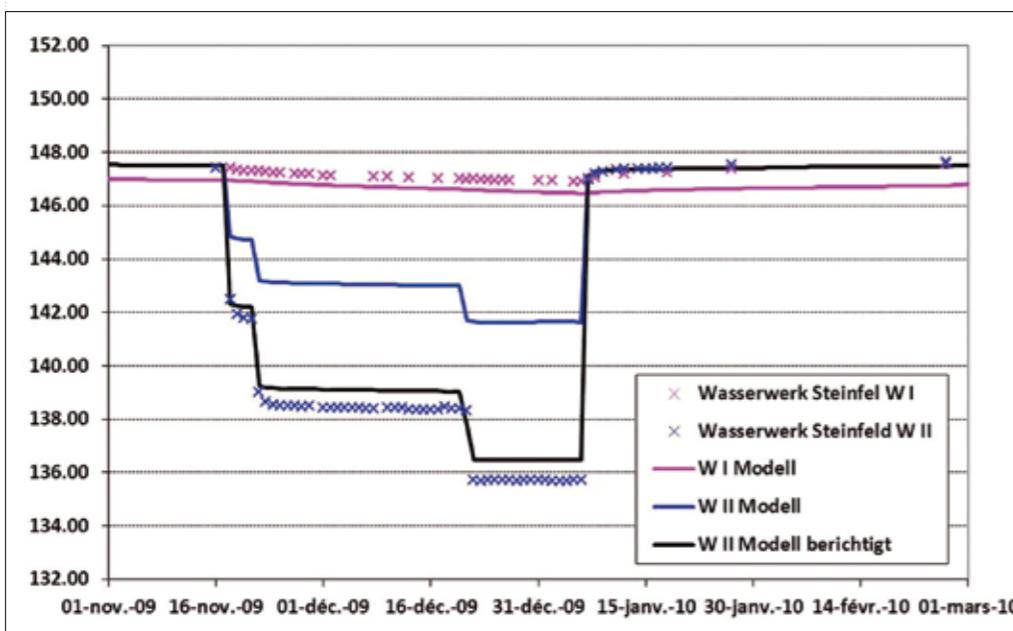
**Abb. 6.12:**  
Gemessene und mit dem Modell berechnete Piezometerhöhen [m NN] in den Messstellen A I, A II und A III, Otterbach, im OGWL, MGWL und UGWL (Pumpversuch bei A II im Mai 2000)  
**Figure 6.12:**  
Charges hydrauliques observées et calculées [m NN] dans les piézomètres A I, A II et A III, Otterbach, dans l'aquifère supérieur, médian et profond (pompage d'essai dans A II en Mai 2000)



Bei dem Pumpversuch in Steinfeld im Versuchsbrunnen W II von November 2009 bis Januar 2010 (vgl. Abb. 6.13) ist die Piezometerhöhe zur Berücksichtigung des Bohrdurchmessers auf dem Raster korrigiert. Das Modell berechnet lokal eine Absenkung für ein 25 m-Raster (überlappendes Raster bei vorgegebenem Abfluss). Diese Absenkung muss anschließend um eine zusätzliche, vom Brunnenhalbmesser, von der Ergiebigkeit und von der Transmissivität des Grundwasserleiters abhängige Absenkung korrigiert werden (Formel nach J.P. Sauty (1973)).

Pour le pompage d'essai à Steinfeld dans le puits d'exploration W II de novembre 2009 à janvier 2010 (cf. figure 6.13), la charge hydraulique sur la maille est corrigée pour tenir compte du diamètre du forage. En effet, le modèle calculant un rabattement pour une maille de 25 m localement (maillage gigogne sur les mailles à débit hydraulique imposé), ce rabattement doit ensuite être corrigé d'un rabattement supplémentaire qui est fonction du rayon du puits, du débit et de la transmissivité de l'aquifère (formule de J.P. Sauty (1973)).

**Abb. 6.13:**  
Gemessene und mit dem Modell berechnete Piezometerhöhen [m NN] in den Messstellen W I und W II, WW Steinfeld, im OGWL und MGWL (Pumpversuch im Versuchsbrunnen W II)  
**Figure 6.13:**  
Charges hydrauliques observées et calculées [m NN] dans les piézomètres W I et W II, WW Steinfeld, dans l'aquifère supérieur et médian (pompage d'essai dans W II)



#### Piezometerhöhen am 2. Juli 2009

Am 2. Juli 2009 fand eine Stichtagsmessung an den Grundwassermessstellen, es wurden die Wasserstände (Piezometerhöhen) für die

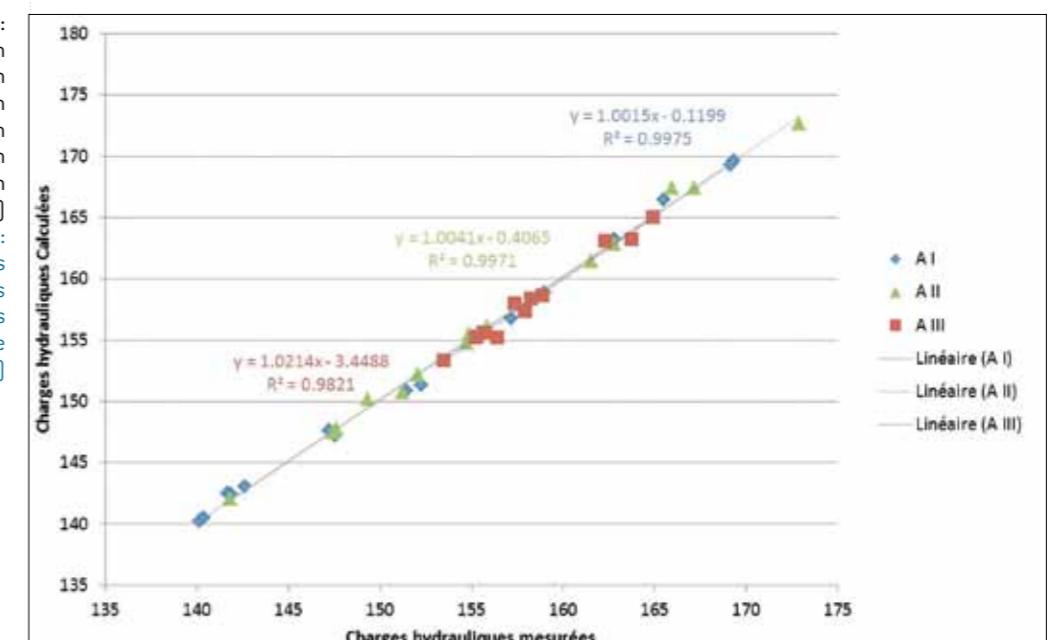
#### Charges hydrauliques du 2 juillet 2009

Des relevés piézométriques ont été effectués le 2 juillet 2009 dans chaque aquifère. Ils ont permis de tracer les courbes isopièzes associées

drei Grundwasserleiter abgelesen. Anhand dieser Messung konnten die entsprechenden Grundwassergleichungen konstruiert werden (vgl. Karten K1 bis K3), aus denen sich die Strömungsrichtungen und das Grundwassergefälle ergeben. Die mit dem Modell simulierten Potenziallinien wurden mit den „beobachteten“ in jedem Grundwasserleiter verglichen. Die Grafik der Abbildung 6.14 veranschaulicht die Güte der Modellanpassung bei den Bezugsmessstellen durch Vergleich der berechneten mit den beobachteten Piezometerhöhen für die drei GWL. Die Punkte müssen auf einer durch den mittleren Punkt der Koordinaten (Durchschnitt (X); Durchschnitt (Y)) führenden Geraden angeordnet sein, mit einem Leitkoeffizienten nahe 1. Mit dem linearen Korrelationskoeffizienten kann die Anpassungsgüte quantifiziert werden, je näher er bei 1 liegt, desto besser ist die Anpassung.

desquelles résultent les directions d'écoulement et les gradients d'écoulement (cf. cartes K1 à K3). Les isopièzes simulés et «observés» ont été comparés par aquifère. Le graphique de la figure 6.14 illustre la qualité du calage aux piézomètres de référence en comparant les charges calculées aux charges observées pour chaque aquifère. Les points doivent se trouver alignés sur une droite passant par le point moyen de coordonnées (moyenne (X); moyenne (Y)) avec un coefficient directeur proche de 1. Le coefficient de corrélation linéaire permet de quantifier la qualité de l'ajustement : plus il est proche de la valeur 1, meilleur est l'ajustement.

**Abb. 6.14:**  
Grafik der aus den gemessenen Piezometerhöhen berechneten Piezometerhöhen (Bezugsdatum 2. Juli 2009)  
**Figure 6.14:**  
Graphique des charges calculées en fonction des charges mesurées (référence du 2 juillet 2009)



## 6.5 Szenarienrechnungen

### Szenario I

Mit dem Szenario I wird eine Veränderung der Beanspruchung der Grundwasserleiter in der Form simuliert, dass nur der Mittlere Grundwasserleiter (MGWL) durch Grundwasserentnahmen bewirtschaftet wird. Im Vergleich zur derzeitigen Grundwasser-bewirtschaftung werden im Szenario I die Entnahmen aus dem Unterer GWL (UGWL) vollständig auf den Mittleren GWL verlagert, ohne dabei die Gesamtmenge der durchschnittlichen Entnahmen zu verändern.

Die Eingangsdaten entsprechen einer fiktiven Dauerentnahme von 300.000 m<sup>3</sup>/a (=34 m<sup>3</sup>/h)

## 6.5 Calculs de scénarios

### Scénario I

Ce scénario se propose de simuler une modification du régime d'exploitation des réservoirs pour n'exploiter que l'aquifère intermédiaire (ou aquifère II). Par rapport au régime d'exploitation actuel, ce scénario I correspond donc à un transfert des pompages de l'aquifère profond (aquifère III) vers l'aquifère intermédiaire, sans modifier l'amplitude globale des prélevements moyens.

Les données d'entrée correspondent donc à un arrêt des prélevements dans l'aquifère profond et à un pompage fictif continu de 300.000 m<sup>3</sup>/an

aus dem Mittleren GWL, entnommen aus dem neuen Versuchsbrunnen W II im Wasserwerk Steinfeld. Bisher wurde der Mittlere GWL nur zeitweise, zusätzlich zum Unteren GWL, genutzt. Die Fördermengen lagen zwischen 0 und 40.000 m<sup>3</sup>/Monat (=0 à 55 m<sup>3</sup>/h). Die Entnahmen aus dem UGWL wurden auf Null gesetzt.

### Szenario II

Mit Szenario II werden die Auswirkungen eines hohen Wasserbedarfs, wie er bei Trinkwasserverbrauchsspitzen im Sommerhalbjahr auftreten kann, getestet. Simuliert wird eine gemeinsame Nutzung des Mittleren und Unteren GWL. Bei beiden Grundwasserleitern beträgt die Fördermenge jeweils 300.000 m<sup>3</sup>/a (34,5 m<sup>3</sup>/h). Somit wird mit einer Gesamtjahresmenge von 600.000 m<sup>3</sup>/a gerechnet.

### Szenario III

Ziel von Szenario III ist es, die Auswirkungen einer lang anhaltenden Trockenperiode (reduzierte Grundwasserneubildung) zu simulieren, um die Folgen des Klimawandels, in Verbindung mit der bei Szenario II beschriebenen intensiven Bewirtschaftung der beiden Grundwasserleiter, abschätzen zu können.

Die Simulation erfolgt auf der Basis einer zwischen 2003 und 2006 beobachteten Trockenperiode, in der nur rd. 80 % des durchschnittlichen Jahresniederschlags und nur rd. 70 % Grundwasserneubildung statt fanden.

**Anmerkung:** die vorgegebene Piezometerhöhe entlang der Südwestgrenze beeinflusst die Fördermenge von bzw. zu dem untersuchten Bereich im Unteren Grundwasserleiter. Bei den Szenarien II und III wurde eine feste Piezometerhöhe von 155.75 m NN definiert, die der an der Messstelle „Geitershof D III“ beobachteten Piezometerhöhe entspricht. Die Entnahme aus dem UGWL wird mit 300.000 m<sup>3</sup>/a angesetzt (vgl. Abb. 6.15)..

(=34 m<sup>3</sup>/h) dans l'aquifère médian, dans le nouveau puits d'exploration VII, à Steinfeld. Jusqu'à présent, l'aquifère médian a été exploité temporairement, en complément de l'aquifère profond, à des débits variant de 0 à 40.000 m<sup>3</sup>/mois (=0 à 55 m<sup>3</sup>/h). Les prélèvements dans l'aquifère profond ont été mis à zéro.

### Scénario II

Le scénario II teste les effets d'un fort besoin en eau, à hauteur des besoins actuels pendant les pics de consommation en eau potable. Le scénario simule une exploitation conjointe de l'aquifère médian et de l'aquifère profond. Pour chacun des aquifères, le débit pompé est de 300.000 m<sup>3</sup>/a (34,5 m<sup>3</sup>/h), soit un débit annuel total de 600.000 m<sup>3</sup>/an.

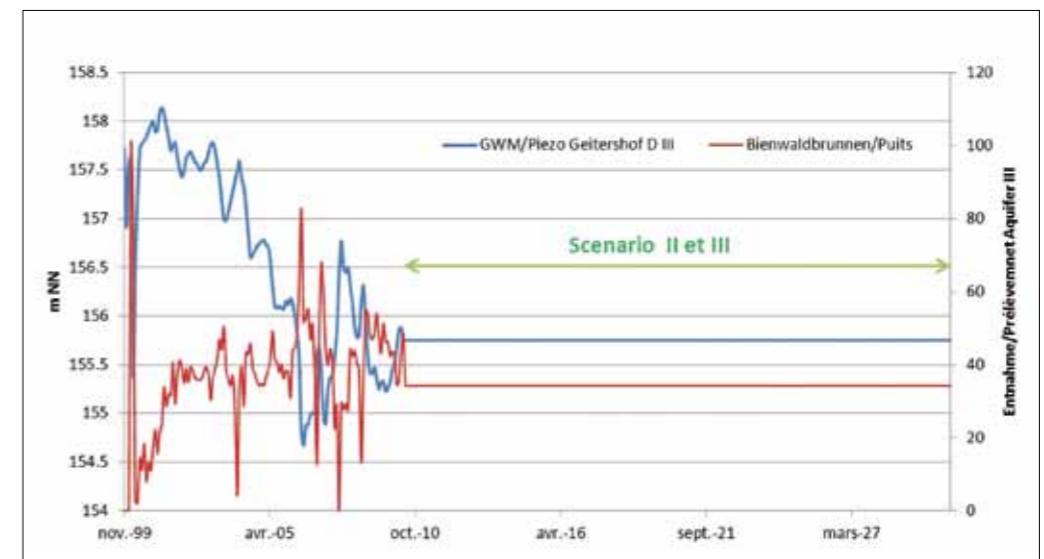
### Scénario III

Le scénario III vise à simuler l'impact d'une longue période de sécheresse (recharge réduite) pour évaluer les effets du changement climatique, en association avec l'exploitation intensive des deux aquifères décrite pour le scénario II.

La simulation se base sur la période de sécheresse observée entre 2003 et 2006, avec une précipitation égale à 80 % de celle d'une année moyenne et une pluie efficace égale à 70 % de la moyenne.

**Remarque:** La charge imposée le long de la limite sud-ouest influence le débit qui sort ou entre vers la zone d'étude dans l'aquifère profond. Pour les scénarios II et III, un niveau fixe de 155.75 m NN a été retenu, égal au niveau piézométrique observé dans le piézomètre « Geitershof D III » pour un débit de prélèvement dans l'aquifère profond de 300.000 m<sup>3</sup>/an (cf. figure 6.15).

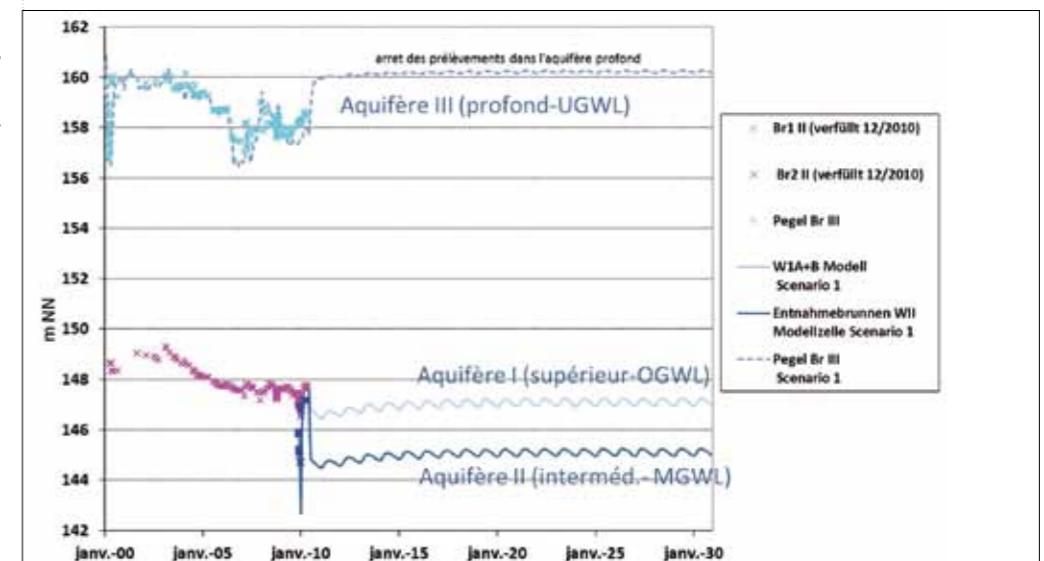
Abb. 6.15:  
Entnahmen im Brunnen  
Bienwald  
(rote Kurve, m<sup>3</sup>/h)  
und vorgegebene  
Piezometerhöhen [m NN]  
bei den Szenarien II und III  
(blaue Kurve)  
**Figure 6.15:**  
Prélèvements  
dans le puits Bienwald  
(courbe rouge, m<sup>3</sup>/h) et  
charges imposées [m NN]  
pour les scénarios II et III  
(courbe bleue)



### 6.5.1 Auswirkung der Entnahmen des Szenario I auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld

Die Abbildung 6.16 zeigt die Grundwassersenkungen in den drei Grundwassermessstellen in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, die am stärksten auf die Entnahmen reagieren. Es zeigt sich, dass der Mittlere Grundwasserleiter nach circa zehn Jahren Nutzung mit 300.000 m<sup>3</sup>/a einen neuen Gleichgewichtszustand erreicht. Auch im OGWL erfolgt nach einer geringen Absenkungsphase (ca. 30-50 cm Absenkung) ein Beharrungszustand. Das gespannte Grundwasser im UGWL steigt auf Grund der Null-Entnahmen im UGWL sehr schnell (innerhalb von 6 Monaten) auf natürliches Niveau an. Das Grundwasservorkommen im MGWL reicht folglich aus, um den eingerechneten Bedarf von 300.000 m<sup>3</sup>/a zu decken.

Abb. 6.16:  
Auswirkung  
der Entnahmen des  
Szenario I auf die drei  
Grundwasserleiter  
in der Nähe des  
Versuchsbrunnens W II,  
Steinfeld  
**Figure 6.16:**  
Impact des prélèvements  
du scénario I  
sur les trois nappes  
à proximité du puits  
d'exploration W II,  
Steinfeld



### 6.5.1 Impact des prélèvements du scénario I sur les trois nappes à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld

La figure 6.16 montre le rabattement dans les trois piézomètres au voisinage du puits d'exploration W II qui réagissent le plus aux prélèvements. On constate que les nappes atteignent un nouvel état d'équilibre au bout d'une dizaine d'années pour une exploitation de 300.000 m<sup>3</sup>/an dans l'aquifère médian. Dans l'aquifère supérieur, un état d'équilibre est atteint après une phase de faible rabattement (environ 30-50 cm). En l'absence de prélèvements, la nappe captive dans l'aquifère profond remonte très rapidement (en l'espace de 6 mois) pour atteindre son niveau naturel. La nappe peut donc fournir le débit demandé de 300.000 m<sup>3</sup>/an.

## 6.5.2 Auswirkung der Entnahmen des Szenario II auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld

Das Szenario II sieht die gemeinsame Nutzung des Mittleren und des Unteren GWL vor; zwei Handlungsoptionen werden simuliert. Die Entnahme aus dem Mittleren GWL erfolgt, wie bei Szenario I über den Versuchsbrunnen W II, Steinfeld. Für die Nutzung des Unteren GWL können die Entnahmen entweder aus dem Brunnen III beim Wasserwerk Steinfeld oder aus dem Bienwaldbrunnen erfolgen. Die Simulation hat folglich dazu geführt, dass zwei Unterszenarien getestet werden (Abb. 6.17):

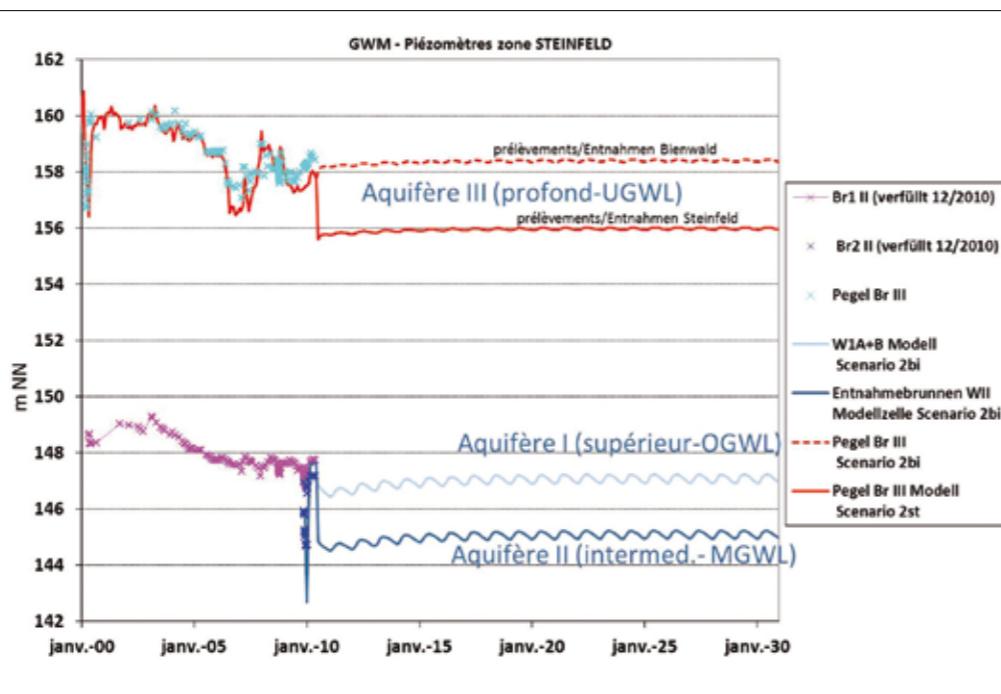
Entnahme aus dem MGWL aus dem Versuchsbrunnen W II, Steinfeld, dazu die Entnahme aus dem UGWL mit dem

- Brunnen III, Steinfeld = Szenario II St

alternativ

- Bienwaldbrunnen = Szenario II Bi

**Abb. 6.17:**  
Auswirkung  
der Entnahmen des  
Szenario II auf die drei  
Grundwasserleiter,  
mit den Unterszenarien  
II St und II Bi  
**Figure 6.17:**  
Impact des prélèvements  
du scénario II sur  
les trois aquifères,  
avec les sous-scénarios  
II St et II Bi



Der freie Wasserspiegel im OGWL reagiert ähnlich bzw. mit der gleichen Absenkung wie im Szenario I. Bei einer Entnahmemenge von 300.000m<sup>3</sup>/a jeweils aus dem Mittleren und Unteren GWL ist ein piezometrischer Gleichgewichtszustand in den beiden Grundwasserleitern nach circa zehn Jahren erreicht. Das Grundwasserleitersystem erlaubt demnach, eine Gesamtmenge von 600.000 m<sup>3</sup>/a aus beiden Grundwasserleitern, ohne eine progressive Absenkung, zu fördern.

## 6.5.2 Impact des prélèvements du scénario II sur les trois nappes à proximité du puits d'exploration W II, Steinfeld

Le scénario II prévoit l'exploitation conjointe de l'aquifère médian et de l'aquifère profond; il a été simulé selon deux options. Le pompage de l'aquifère médian s'effectue comme pour le scénario I par le puits W II, Steinfeld. Pour l'exploitation de l'aquifère profond, deux puits peuvent être retenus : le puits III sur le site de Steinfeld ou le Bienwaldbrunnen. La simulation a donc amené à tester deux sous-scénarios (figure 6.17) :

Prélèvement dans l'aquifère médian au niveau du puits d'exploration W II, Steinfeld, et prélèvement dans l'aquifère profond au niveau

- du puits III, Steinfeld = scénario II St

ou alternativement

- du Bienwaldbrunnen = scénario II Bi

## 6.5.3 Auswirkung der Entnahmen des Szenario III auf die drei Grundwasserleiter in der Nähe des Versuchsbrunnens W II, Steinfeld

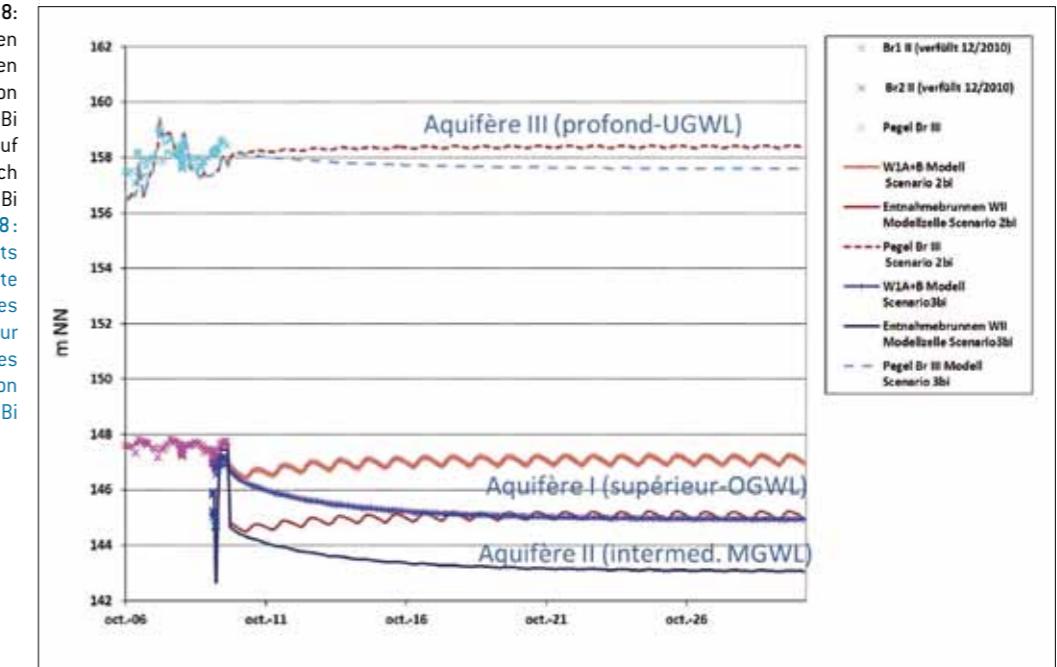
Das Szenario III simuliert wie Szenario II und mit den gleichen Entnahmemengen die Entwicklung der Grundwasserleiter im Hinblick auf eine Grundwasserneubildung während einer Trockenperiode. Als Bezugsperiode wurde 2003-2006 gewählt, in der durchschnittlich nur 70 % Grundwasserneubildung stattgefunden hat. Die Abbildung 6.18 veranschaulicht die Auswirkung einer Trockenzeit auf die Wahl einer Entnahme im Unteren GWL am Brunnen Bienwald. Neben den Verlaufskurven von Szenario III (blau) sind auch diejenigen von Szenario II eingezeichnet (braun). Anhand der beiden Kurven im UGWL ist der Unterschied in der Absenkung durch die simulierte Wirkung der Trockenperiode erkennbar.

## 6.5.3 Impact des prélèvements du scénario III sur les trois nappes à proximité du puits d'exploration W W II, Steinfeld

Similaire au scénario II et avec les mêmes débits de pompage, le scénario III simule l'évolution des aquifères pour une recharge de période sèche. La période 2003-2006 a été retenue comme référence, avec des pluies efficaces inférieures de 30 % à la moyenne. La figure 6.18 représente l'effet d'une période sèche pour le choix d'un pompage de l'aquifère profond au puits Bienwald. En ajout des courbes d'évolution correspondant au scénario III (lignes de couleur bleue), celles du scénario II sont reproduites (lignes de couleur brune). Les différences observées entre les deux courbes pour l'aquifère profond permettent d'estimer l'effet simulé de la période sèche.

**Abb. 6.18:**  
Auswirkung der Entnahmen und der reduzierten  
Grundwasserbildung von  
Szenario III Bi  
[blaue Kurven] auf  
die drei GWL im Vergleich  
zu Szenario II Bi

**Figure 6.18:**  
Impact des prélèvements  
et de pluie efficace réduite  
du scénario III Bi [courbes  
de couleur bleue] sur  
les trois aquifères  
en comparaison  
avec le scénario II Bi



Bei einer um 30 % reduzierten Grundwasserneubildung sinkt die Piezometerhöhe des MGWL während eines Zeitraums von circa 10 Jahren deutlich, bevor sie sich 2 m unter dem derzeitigen Niveau stabilisiert. Die bei Szenario II deutlich sichtbaren jahreszeitlichen Schwankungen sind kaum mehr zu erkennen, vermutlich auf Grund der geringeren Grundwasserneubildung. Der UGWL zeigt im Verhältnis zu Szenario II eine Absenkung von 0.8 m, der Beharrungszustand stellt sich etwa nach 10 Jahren ein.

Im Gegensatz zu der sofortigen Reaktion der beiden unteren Grundwasserleiter auf die Entnahmen (Szenario II), entleert im Szenario

Avec des pluies efficaces réduites de 30 %, le niveau piézométrique de l'aquifère médian baisse pendant 10 ans environ, avant de se stabiliser 2 m sous le niveau actuel. Les fluctuations saisonnières, bien visibles pour le scénario 2, ne sont pratiquement plus visibles, probablement en raison des plus faibles infiltrations. La nappe profonde montre un rabattement de 0.8 m, par rapport au scénario II; elle atteint un état d'équilibre également au bout de 10 ans.

Contrairement aux deux niveaux aquifères inférieurs qui ont instantanément réagi aux prélèvements (scénario II), le déstockage dans l'aquifère médian et profond est progressif en raison du

III das Grundwasserreservoir im MGWL und UGWL nach und nach durch die negative Grundwasserneubildungsbilanz, die zusätzlich zu den Entnahmen die Absenkungen verstärkt.

## 6.6 Schlussfolgerungen und Ausblick zum GrundwassermodeLL

Die Simulationen des hydrodynamischen GrundwassermodeLLs mit Berechnung der drei Entnahmeszenarien erlauben folgende Schlussfolgerungen:

- Es ist möglich, im MGWL dauerhaft eine Jahresmenge von 300.000 m<sup>3</sup>/a zu entnehmen, ohne dass es dadurch zu einer signifikante Grundwasserabsenkung im oberen und dem unteren Grundwasserleiter (OGWL und UGWL) kommt.
- Aus Szenario II geht hervor, dass die Verbrauchsspitzen in der Sommerzeit durch parallele Entnahmen (jeweils 300.000 m<sup>3</sup>/a aus MGWL und UGWL) abgedeckt werden können, jedoch bei einer Dauerentnahme von 600.000 m<sup>3</sup>/a über eine längere Zeit deutliche Absenkungen (rd. 2,0 m) nach sich ziehen würde. Diese hohe Entnahmemenge würde erst nach circa zehn Jahren zu einem neuen Gleichgewichtszustand führen.
- Das Szenario III, das eine Trockenperiode berücksichtigt, weist die gleiche, wenn auch stärkere Absenkungstendenz aus wie Szenario II.
- Der derzeitige Kenntnisstand über die Ausdehnung und die Rahmenbedingungen im Südwesten des untersuchten Gebietes erlaubt es nicht, den genauen Ursprung des südlichen Grundwassers und dessen Randzufluss zu bestimmen. Das hydrodynamische Modell wurde deshalb vereinfacht und reicht nur bis zur südlichsten Messstelle D. Die Piezometerhöhe an der Messstelle entspricht dem vorgegebenen Festpotential. Dieser Aspekt bleibt ein unsicherer Parameter des Modells.
- Es sollte durch ein Monitoringprogramm während der zukünftigen Entnahmen aus dem MGWL sichergestellt werden, dass eine Bewirtschaftung des Mittleren Grundwasserleiters keine signifikanten, großräumigen Absenkungen seines natürlichen Grundwasserspiegels nach sich zieht. Im lokalen Umfeld des Wasserwerks Steinfeld sind durch Messstellenbeobachtungen im OGWL zu prüfen, ob ein vertikaler Grundwasseraustausch vom Oberen in den Mittleren Grundwasserleiter stattfindet.

bilan négatif des pluies efficaces qui, en plus des prélèvements, amplifie le rabattement.

## 6.6 Conclusions et perspectives

Les simulations du modèle hydrodynamique avec le calcul des 3 scénarios permettent les conclusions suivantes :

- Il est possible de prélever durablement un volume annuel de 300.000 m<sup>3</sup>/an dans l'aquifère médian, sans que cela occasionne un rabattement significatif dans les aquifères supérieur et profond.
- Du scénario II, il découle que des pics de consommation en période estivale peuvent être couverts par des prélèvements parallèles (respectivement 300.000 m<sup>3</sup>/an de chacun des aquifères médian et profond) mais qu'un prélèvement permanent de 600.000 m<sup>3</sup>/a sur une longue période engendrerait néanmoins des rabattements importants (2,0 m). Ce régime de prélèvement de volumes importants aboutirait à un nouvel état d'équilibre au bout d'une dizaine d'années.
- Le scénario III prenant en compte une période de sécheresse présente la même tendance, mais plus accusée que le scénario II qui se stabilise au bout d'une dizaine d'années.
- Les connaissances actuelles de l'extension et des conditions aux limites au sud-ouest de la zone d'étude ne permettent pas de déterminer l'origine exacte de l'eau souterraine du sud et de son exutoire. Pour cette raison, le modèle hydrodynamique a été simplifié, il s'arrête à la hauteur du piézomètre D installé le plus au sud. Son niveau piézométrique correspond au potentiel imposé de la limite. Cet aspect reste une incertitude attachée au modèle.
- Il convient de s'assurer, par la mise en place d'un programme de monitoring des futurs prélèvements dans l'aquifère médian, qu'une exploitation de cet aquifère ne provoquera pas une baisse significative et généralisée de son niveau naturel. A une échelle plus locale, associée à l'aire rapprochée du pompage de Steinfeld, il convient de vérifier par un suivi piézométrique si un transfert vertical s'effectue de l'aquifère supérieur vers l'aquifère intermédiaire.

# 7.

# Länderübergreifendes Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008-2030

## Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du sud / Alsace du nord 2008-2030

Für Wasserversorgungsunternehmen ist eine langfristige Planung ihrer sehr kostenintensiven Anlagen von großer Bedeutung. Eine solche Planung kann aber nur dann erfolgreich zum Abschluss gebracht werden, wenn eine Grundlage in Form von belastbaren Daten über Verbrauchs- und Entnahmemengen sowie einer ausführlichen Wasserbilanz, die auch Angaben über Wasserverluste enthalten sollte, vorhanden ist.

Im Projektgebiet des Länderübergreifenden Wasserversorgungskonzepts Südpfalz/Nordelsass 2008 – 2030 wurden diese Daten von allen beteiligten Wasserversorgungsunternehmen bereitgestellt und auf ihre Plausibilität geprüft. Auch wurden die Daten benachbarter Unternehmen in die Untersuchung mit einbezogen. Somit konnten über das Projektgebiet hinaus zukunftsweisende Handlungsempfehlungen für alle betroffenen Wasserversorger definiert werden.

### 7.1 Bestandsaufnahme der Wasserversorgungsstruktur

#### Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum erstreckt sich auf deutscher Seite im Wesentlichen über das Gebiet der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern, jedoch ohne die Ortsgemeinden Vorderweidenthal und Oberschlettenbach, die in größerer Entfernung einen Teilverbund mit ausreichenden Eigenversorgungsanlagen betreiben. Einbezogen in die Versorgungsstruktur wird der östlich angrenzende Wasserzweckverband Bienwald, im Landkreis Germersheim liegend. Hier besteht ein Notverbund zwischen den Ortsgemeinden Steinfeld und Schaidt.

Pour les gestionnaires de l'eau, il est très important d'établir une planification à long terme de leurs installations particulièrement onéreuses. Une telle planification ne pourra être menée à bien que s'il existe une base de données fiables sur la consommation et les prélèvements ainsi qu'un bilan hydrique détaillé comprenant également des informations sur les pertes d'eau.

Dans la zone d'étude, les syndicats participant au projet de gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du sud / Alsace du nord 2008 – 2030 ont fourni ces données et vérifié leur crédibilité, en y intégrant les données des syndicats des secteurs voisins. Il a donc été possible de définir des recommandations d'action orientées vers l'avenir au-delà de la zone étudiée dans le cadre du projet.

### 7.1 Inventaire de la structure d'alimentation en eau

#### Espace étudié

Côté allemand, l'espace étudié s'étend principalement sur le secteur de syndicat intercommunal de Bad Bergzabern, à l'exclusion des communes de Vorderweidenthal et Oberschlettenbach qui exploitent un réseau d'interconnexion partielle dont les installations d'autoproduction suffisent pour couvrir le besoin. En revanche, le syndicat du Bienwald, à la limite est de l'espace étudié, est intégré dans la structure d'alimentation. Une interconnexion de secours relie les communes de Steinfeld et de Schaidt.

Côté français, la ville de Wissembourg joue le territoire de la commune de Bad Bergzabern. La

Auf der französischen Seite grenzt die Stadt Wissembourg an die Gemarkung von Bad Bergzabern. Die französische Stadt kann auch vom Syndicat Mixte beliefert werden, das bei Neuhaeusel ein Wasserwerk betreibt und Gemeinden im Elsass beliefert. Der Untersuchungsraum lässt sich aufgrund vorhandener Strukturen in einzelne Versorgungsbereiche gliedern.

Der Untersuchungsraum, die technischen Anlagen und die Verknüpfung über Verbindungen untereinander sind aus der Anlage K 4, Blatt 1 ersichtlich.

### **7.1.1 Versorgungsbereich der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden der Verbandsgemeinde**

Die Stadtwerke Bad Bergzabern besitzen 6 Quellgewinnungsanlagen bei Birkenhördt und bei Blankenborn, deren Wasser mit natürlichem Gefälle dem Tiefzonenbehälter Mühlthal zugeführt wird. Dort wird es aufbereitet. Für ein Hochzonennetz mit Wasserspeicher wird Wasser aus dem Tiefzonennetz in den Hochzonenbehälter gefördert. Des Weiteren werden zwei Tiefbrunnen betrieben. Die STW versorgten 2008 rd. 7.400 Einwohner und Großabnehmer der Stadt Bad Bergzabern mit rd. 500.000 m<sup>3</sup>/a Trinkwasser, über Verbundleitungen werden aus versorgungstechnischen Gründen zwei Ortsgemeinden der VG Bad Bergzabern vllversorgt und zwei weitere Gemeinden erhalten Zusatzwasser zur Abdeckung von Bedarfsspitzen in einer Größenordnung von gesamt rd. 86.000 m<sup>3</sup>/a.

Es handelt sich um folgende Ortsgemeinden:  
Birkenhördt ..... 100 %  
Kapellen-Drusweiler ..... 100 %  
Dörrenbach – Böllenborn ..... Fehlbedarf  
Pleisweiler-Oberhofen und Niederhorbach ..... Fehlbedarf

### **7.1.2 Versorgungsbereich Gleiszellen – Klingenmünster der VG Bad Bergzabern**

In Gleiszellen werden noch die relativ gering schüttenden Quellen zur Wasserversorgung genutzt. Das Wasser wird in einer Filteranlage aufbereitet. Zur sicheren Bedarfsdeckung reicht eine Zuförderung aus Klingenmünster nicht aus daher wird zeitweise aus dem Verbundbereich Bad Bergzabern – Pleisweiler noch zusätzlich Wasser nach Gleishorbach gefördert.

In Klingenmünster bestehen ein Quellzulauf und 4

ville française peut également être approvisionnée par le Syndicat Mixte qui exploite une station de pompage près de Neuhaeusel et alimente des communes alsaciennes. Compte tenu des structures existantes, l'espace étudié peut être divisé en différents secteurs d'alimentation

L'espace étudié, les installations techniques et les interconnexions sont récapitulés dans l'annexe K 4, feuille 1.

### **7.1.1 Secteur d'alimentation de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde**

Les Stadtwerke Bad Bergzabern possèdent 6 installations de captage d'eau de source près de Birkenhördt et de Blankenborn dont l'eau s'écoule par gravité vers le réservoir de zone basse de Mühlthal où elle est traitée. Pour le réseau desservant la zone haute, l'eau est acheminée depuis le réseau de zone basse vers le réservoir de la zone haute. Deux puits profonds sont en plus exploités. Ainsi, en 2008, les Stadtwerke ont distribué 500.000 m<sup>3</sup> d'eau potable à 7.400 habitants et gros consommateurs de la ville de Bad Bergzabern; pour des raisons techniques, deux des communes rattachées au syndicat intercommunal ont été entièrement approvisionnées par le réseau d'interconnexion et deux autres communes reçoivent un complément de l'ordre de 86.000 m<sup>3</sup>/an au total pour couvrir les pics de consommation.

Il s'agit des communes de:

Birkenhördt .....	100 %
Kapellen-Drusweiler .....	100 %
Dörrenbach – Böllenborn .....	déficit
Pleisweiler-Oberhofen und Niederhorbach .....	déficit

### **7.1.2 Secteur d'alimentation de Gleiszellen-Klingenmünster, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern**

Gleiszellen utilise toujours les sources à débit relativement faible pour son approvisionnement en eau qui est traitée dans une station de filtration. Pour garantir la couverture des besoins, le complément fourni par Klingenmünster à lui seul ne suffit pas. La commune sollicite donc périodiquement le réseau d'interconnexion de Bad Bergzabern-Pleisweiler pour combler le déficit.

Klingenmünster dispose d'une arrivée d'eau de source et de quatre puits profonds. Le débit relativement faible de la source ne suffit pas pour

Tiefbrunnen. Der gering schüttende Quellzulauf reicht nicht zur Abdeckung des Bedarfs aus, zumal auch die Pfalzklinik mit rd. 50.000 m<sup>3</sup>/a Trinkwasser beliefert werden muss. Von der Pfalzklinik haben die Verbandsgemeindewerke zwei Tiefbrunnen übernommen und saniert, so dass mit den bereits vorhandenen zwei Tiefbrunnen insgesamt 4 Brunnen zur Verfügung stehen, die jedoch nicht parallel betrieben werden können. Der Bedarf für den Versorgungsbereich von Gleiszellen – Klingenmünster einschließlich der Pfalzklinik liegt bei rd. 230.000 m<sup>3</sup>/a.

Die Wasserrechte der Tiefbrunnen müssen neu beantragt werden. Auch bestehen unterschiedliche Analysenwerte zu Arsen, die zum Teil den Grenzwert überschreiten.

Daneben sind die vorhandenen Rohrleitungen zu klein, um die benötigte Bedarfsmenge zum Hochbehälter zu transportieren.

Das Quellwasser wird nach wie vor noch genutzt und zum Teil dem Hochzonenbehälter zugefordert bzw. ein Teil fließt noch dem Tiefzonenbehälter zu. Die Wässer aus den Tiefbrunnen und Quelle werden nicht zentral aufbereitet.

Es besteht noch ein Quellwasserzulauf zu einem Löschwasserbehälter bei der Pfalzklinik.

### **7.1.3 Versorgungsbereich Schweigen Rechtenbach – Oberotterbach der VG Bad Bergzabern**

In Schweigen-Rechtenbach fließt Quellwasser in den Sammelbehälter im WW beim Ortsteil Rechtenbach. Mit Pumpen wird es durch eine Filteranlage in eine Kammer des Erdhochbehälters Schweigen-Rechtenbach gefördert. Daran ist das Versorgungsnetz angeschlossen. Es besteht eine Verbindungsleitung DN 100 vom Netz zum benachbarten Versorgungsnetz in Oberotterbach. Dort wird eine Quelle genutzt, deren Wasser über eine Filteranlage im Hochbehälter Oberotterbach in dessen Wasserkammern abfließt. Die Verbindungsleitung kann in beiden Richtungen betrieben werden. Der Bedarf der beiden Ortsgemeinden liegt bei rd. 164.000 m<sup>3</sup>/a, die Quellschüttungen können den Bedarf ohne Probleme abdecken.

Da der Hochbehälter in Schweigen-Rechtenbach höher steht, wird mittels Pumpwerk Wasser von Oberotterbach dort eingespeist. Umgekehrt kann Wasser aus dem Ortsnetz Schweigen mit natürlichem Gefälle dem Netz in Oberotterbach bei Bedarf zugeleitet werden.

Die Wässer werden in zwei Anlagen entsäuert. Der Hochbehälter in Schweigen-Rechtenbach

couvrir les besoins, d'autant plus que le centre hospitalier spécialisé «Pfalzklinik» doit être approvisionné en 50.000 m<sup>3</sup>/an d'eau potable. Le syndicat intercommunal a repris et assaini deux puits profonds de la Pfalzklinik. Avec les deux puits existants, cela fait quatre puits profonds qui ne peuvent toutefois pas être exploités parallèlement. Les besoins du secteur de Gleiszellen-Klingenmünster, y compris la Pfalzklinik, sont de l'ordre de 230.000 m<sup>3</sup>/an.

La demande des droits d'exploitation pour ces puits profonds doit être renouvelée, tandis que les résultats des analyses de la teneur en arsenic diffèrent d'un puits à l'autre; certains dépassent la valeur seuil.

De même, les conduites existantes ne sont pas suffisamment dimensionnées pour transporter les quantités requises vers le réservoir de zone haute.

L'eau de source est toujours mise à profit, une partie étant acheminée vers le réservoir de zone haute, l'autre partie vers le réservoir de zone basse. Les eaux provenant des puits et de la source ne sont pas traitées de manière centralisée.

Une autre arrivée d'eau de source existe. Elle alimente une réserve d'incendie près de la Pfalzklinik.

### **7.1.3 Secteur d'alimentation de Schweigen-Rechtenbach – Oberotterbach, communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern**

A Schweigen-Rechtenbach, l'eau de source s'écoule vers le réservoir collecteur de la station de Rechtenbach où elle est pompée à travers une installation de filtration jusque dans une chambre du réservoir surélevé de Schweigen-Rechtenbach auquel est raccordé le réseau d'alimentation. Une conduite DN 100 relie le réseau au réseau d'alimentation d'Oberotterbach qui exploite une source dont l'eau s'écoule à travers une installation de filtration du réservoir surélevé d'Oberotterbach. La conduite peut acheminer l'eau dans les deux sens. La consommation des deux communes étant d'environ 164.000 m<sup>3</sup>/an, le débit de la source suffit à lui seul pour couvrir ce besoin.

Le réservoir surélevé de Schweigen-Rechtenbach étant plus haut, l'eau est acheminée par pompage depuis Otterbach. A l'inverse, l'eau peut être acheminée par gravité de Schweigen vers le réseau d'Oberotterbach en cas de besoin.

mit 2 Wasserkammern à 200 m<sup>3</sup> wird sowohl von der Ortsgemeinde als auch vom GöZ Bad Bergzabern – Wissembourg genutzt.

#### 7.1.4 Versorgungsbereich der VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden

Der Jahresbedarf in Höhe von rd. 615.000 m<sup>3</sup>/a für die 10 Ortsgemeinden (vgl. Kap. 7.2.2) in der VG Bad Bergzabern wird durch Quellen und vier Tiefbrunnen und durch Bezug von den STW Bad Bergzabern (vgl. Kap. 7.1.1) abgedeckt. Der Bedarf kann auch zukünftig durch die Trinkwassergewinnungsanlagen abgedeckt werden.

#### 7.1.5 Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld der VG Bad Bergzabern

Der frühere „Wasserverbund Steinfelder Gruppe“ wurde im Laufe der Jahre um weitere Gemeinden der Verbandsgemeinde Bad Bergzabern erweitert. Das Trinkwasser in Höhe von rd. 285.000 m<sup>3</sup>/a für die 8 Ortsgemeinden (vgl. Kap. 7.2.3) der VG Bad Bergzabern wird aus zwei Tiefbrunnen aus dem UGWL und zeitweise aus einem Versuchsbrunnen aus dem MGWL entnommen, im Wasserwerk bei Steinfeld aufbereitet und zwischengespeichert. Mehrere Pumpen fördern druckabhängig das Wasser durch das Verteilernetz zu den Verbrauchern. Hochbehälter bestehen nur bei Oberhausen und Dierbach, die jedoch nicht für den gesamten Verbund nutzbar sind.

Durch den Anschluss von landwirtschaftlichen Höfen, die früher von den Stadtwerken Bad Bergzabern beliefert wurden, ist jetzt auch eine Verbindung bis zum städtischen Hochbehälter „Firstweg“ entstanden, der die städtische Tiefzone speist. Es besteht zurzeit nur eine geringe Zuspeisungsmöglichkeit mittels Pumpwerk beim Deutschhof zu diesem Behälter, jedoch wird die Löschwasserversorgung für die Höfe daraus sichergestellt.

Mit der Schaffung der Verbundversorgung mit der Stadt Weißenburg muss das Wasserwerk Steinfeld auch Abgabemengen für den Zweckverband bereitstellen, zukünftig rd. 150.000 m<sup>3</sup>/a. Die Tiefbrunnen beim Wasserwerk bzw. im Bienwald können den zukünftigen Bedarf für den Versorgungsbereich Steinfeld in Höhe von rd. 435.000 m<sup>3</sup>/a abdecken.

Les eaux sont déacidifiées dans deux installations. Le réservoir surélevé de Schweigen-Rechtenbach doté de 2 chambres de 200 m<sup>3</sup> chacune est utilisé aussi bien par la commune que par le GöZ Bad Bergzabern-Wissembourg.

#### 7.1.4 Secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern et de ses communes

Lebesoin annuel de 615.000 m<sup>3</sup> des 10 communes (cf. chapitre 7.2.2) de la Verbandsgemeinde Bad Bergzabern est couvert par des sources et les quatre puits profonds, ainsi que par les approvisionnements des Stadtwerke de Bad Bergzabern (cf. chapitre 7.1.1). Les installations de production d'eau suffiront aussi à l'avenir pour couvrir ce besoin.

#### 7.1.5 Secteur d'alimentation Wasserwerk Steinfeld de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern

Au cours des années, d'autres communes de la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern sont venues rejoindre l'ancien groupement «Wasserverbund Steinfelder Gruppe». Les 285.000 m<sup>3</sup>/a d'eau potable pour les huit communes (cf. 7.2.3) de la Verbandsgemeinde Bad Bergzabern sont prélevés à partir de deux puits dans l'aquifère profond et périodiquement d'un puits d'exploration dans l'aquifère médian, traités dans la station de Steinfeld puis stockés. L'eau est acheminée à travers le réseau de distribution jusqu'aux consommateurs par l'intermédiaire de plusieurs pompes de refoulement. Les seuls réservoirs surélevés se situent près d'Oberhausen et de Dierbach mais ils ne desservent pas l'ensemble des communes du groupement.

Grâce au raccordement d'exploitations agricoles, autrefois approvisionnées par les Stadtwerke Bad Bergzabern, une liaison existe à présent jusqu'au réservoir «Firstweg» qui alimente les quartiers bas de la ville. Il n'existe actuellement qu'une faible possibilité d'approvisionnement par l'intermédiaire de la station de pompage près de Deutschhof jusqu'à ce réservoir mais l'alimentation en eau d'extinction de ces exploitations est garantie.

La création du réseau d'interconnexion avec la ville de Wissembourg conduit la station de Steinfeld à fournir de l'eau aux communes du groupement, à savoir environ 150.000 m<sup>3</sup>/an. Les forages profonds situés à proximité de la station de pompage et dans la forêt du Bienwald peuvent couvrir les futurs besoins du secteur d'alimentation de Steinfeld, à savoir 435.000 m<sup>3</sup>/an environ.

#### 7.1.6 Versorgungsbereich der Stadt Wissembourg mit Syndicat Mixte

Die Stadt Wissembourg betreibt zur Wassergewinnung hochliegende Quellen im Mundat-Wald und leitet die Schüttung zu einem 1000 m<sup>3</sup> Tiefzonenbehälter am westlichen Stadtrand.

Im Tal der Lauter bestehen westlich der Stadt zwei Tiefbrunnen, die Wasser in die dort vorbeiführende Quellleitung pumpen. Das Mischwasser im zweikammerigen Tiefzonenbehälter beliebt die Tiezone der Stadt. Der Wasserzulauf durchströmt eine UV-Anlage zwecks Entkeimung.

In der Vorkammer des Wasserbehälters wird eine Pumpenanlage betrieben, die über eine Gegendruckleitung den neuen Erdhochbehälter füllt, der die Hochzone der Stadt beliebt. Des Weiteren bezieht die Stadt als Mitglied des Zweckverbandes regelmäßig Wasser aus dem Wasserwerk Steinfeld über die neue Verbundleitung, das dem Hochbehälter beigemischt wird.

Vor der Erstellung der Verbundleitung zum WW Steinfeld und dem neuen Hochzonenbehälter bezog die Stadt erhebliche Wassermengen vom Syndicat Mixte, dessen Zentralbehälter neben dem der Stadt steht. Die Gegendruckleitung war vorab eine Einspeiseleitung von Syndicat in die Hochzone von Wissembourg. Heute findet ein Wasserbezug vom Syndicat Mixte nur noch in geringem Umfang statt.

Im westlich liegenden Stadtteil Weiler wird eine kleine Versorgungsanlage mit Quelle und Entsäuerungsfilter und Hochbehälter mit 120 m<sup>3</sup> Inhalt betrieben. Am Versorgungsnetz von Weiler ist auch die deutsche Siedlung St. Germanshof angeschlossen. Trotz der Quellwasserabgabe an Weiler und St. Germanshof verbleibt ein geringer Dargebotsüberschuss, der dem städtischen Versorgungsnetz zugeführt wird.

#### 7.1.7 Benachbarte Versorgungsunternehmen

##### 7.1.7.1 Versorgungsbereich Wasserzweckverband Bienwald

Der Wasserzweckverband Bienwald versorgt die Ortsgemeinden Schaidt, Freckenfeld, Vollmersweiler und Büchelberg. Das Versorgungsgebiet liegt im Landkreis Germersheim. Es bestehen drei Tiefbrunnen mit Wasserrechten, die für die Versorgung der Bevölkerung ausreichen. Das Rohwasser aus den Tiefbrunnen wird im Wasserwerk bei Schaidt aufbereitet, zwischengespeichert und von dort in das Verbundnetz mit drehzahlgeregelten Pumpen gefördert.

#### 7.1.6 Secteur d'alimentation de la ville de Wissembourg avec le Syndicat Mixte

Pour sa production d'eau, la ville de Wissembourg exploite des sources hautes dans la forêt du Mundat et achemine l'eau vers un réservoir de zone basse de 1000 m<sup>3</sup> situé en périphérie ouest de la ville.

Dans la vallée de la Lauter, à l'ouest de la ville, deux forages profonds pompent l'eau vers la conduite d'eau de source toute proche. L'eau mélangée dans le réservoir enterré à deux compartiments alimente les quartiers bas de la ville, après avoir été désinfectée dans une installation UV.

Une installation de pompage achemine l'eau dans le haut du nouveau réservoir surélevé qui alimente les quartiers hauts de la ville. En tant que commune du groupement, la ville est régulièrement approvisionnée en eau depuis la station de pompage de Steinfeld à travers la nouvelle conduite d'interconnexion ; cette eau est ensuite mélangée avec celle du réservoir.

Avant la réalisation de la conduite d'interconnexion vers la station de Steinfeld et du nouveau réservoir surélevé, la ville était desservie par le Syndicat Mixte qui lui fournissait de grandes quantités, et dont le réservoir central se situe à proximité de la ville. La conduite sous contrepression servait avant tout de conduite d'aménée vers les quartiers hauts de Wissembourg. Aujourd'hui le Syndicat Mixte ne fournit plus que de faibles quantités d'eau.

Dans le quartier ouest, la ville exploite une petite installation d'alimentation avec source, filtre de désacidification et réservoir surélevé de 120 m<sup>3</sup>. Le lotissement allemand St. Germanshof est également raccordé au réseau d'alimentation de Weiler. Malgré l'approvisionnement de Weiler et de St. Germanshof, il reste un faible excédent de production dont bénéficie le réseau d'alimentation de la ville.

#### 7.1.7 Syndicats voisins

##### 7.1.7.1 Secteur d'alimentation du Wasserzweckverband Bienwald

Le syndicat du Bienwald alimente les communes de Schaidt, de Freckenfeld, de Vollmersweiler et de Büchelberg. Ce secteur d'alimentation se situe dans le canton de Germersheim et compte trois puits profonds dont les droits de captage suffisent pour couvrir les besoins de la population.

L'eau brute captée dans les forages profonds est

Der Betriebsdruck beträgt konstant 188,0 m NN am Wasserwerk Schaidt. Außer dem Saugbehälter im Wasserwerk besteht nur noch der Wasserturm in Büchelberg für die dortige Bedarfsdeckung und Löschwasserversorgung.

Inhalt: ..... 130 m<sup>3</sup>  
Wasserspiegel Lage: ..... 164,0 m NN

Des weiteren besteht eine Verbundleitung zwischen Steinfeld und Schaidt, die bis zum Bahnhof Schaidt mit DN 150 hergestellt wurde. Der Bereich Bahnhof Schaidt gehört zur Ortsgemeinde Steinfeld und wurde früher aus dem Versorgungsnetz Schaidt über eine Leitung DN 125 beliefert. Die Wasserabgabe wurde in einem Wasserzählerschacht in der Verbindungsleitung gemessen.

Heute wird der Ortsteil Bahnhof Schaidt von den Verbandsgemeindewerken Bad Bergzabern über die neue Verbindungsleitung beliefert. Der Wasserzählerschacht ist jetzt die Über gabestelle und wurde umgerüstet, um in Zeiten einer Notversorgung die Abgabemengen zu erfassen. Über ein Druckminderventil wird der höhere Versorgungsdruck aus dem Wasserwerk Steinfeld auf den Betriebsdruck vom Wasserwerk Schaidt abgemindert.

Bei Störung der Wasserversorgung im Versorgungsbereich des Zweckverbandes Bienwald kann über die Verbundleitung Wasser vom WW Steinfeld bezogen werden.

#### 7.1.7.2 Verbandsgemeindewerke Landau-Land

Von einer Quelle bei Silz wird Wasser unaufbereitet in einer Leitung durch die Ortslage von Klingenmünster bis zum Erdhochbehälter bei Heuchelheim geleitet und dort von störenden Bestandteilen wie Trübung und Aluminium befreit. Ein Notbezug für den Versorgungsbereich Klingenmünster scheidet deshalb aus.

### 7.2 Trinkwasserbedarf und Deckung 2008 und 2030

Aus den Statistiken der Wasserwerksbetreiber wurden der Wasserverbrauch und dessen Deckung ermittelt. Die Kennzahlen sind in Tabellen und Graphiken im Anhang 6 beigelegt.

traitée à l'usine de traitement près de Schaidt, entreposée puis acheminée vers le réseau d'interconnexion à l'aide de pompes à débit variable. La pression de service est maintenue en permanence à 188,0 m NN au niveau de la station de Schaidt. Outre le réservoir d'aspiration de la station de pompage, seul le château d'eau à Büchelberg couvre les besoins et approvisionne la réserve d'incendie.

Contenance: ..... 130 m<sup>3</sup>  
Hauteur d'eau: ..... 164,0 m NN

Il existe en outre une conduite d'interconnexion entre les communes de Steinfeld et de Schaidt qui a été réalisée en DN 150 jusqu'à la gare de Schaidt. Le secteur de la gare fait partie de la commune de Steinfeld. Ce secteur était autrefois approvisionné à partir du réseau d'alimentation de Schaidt à travers une conduite DN 125. Le débit était mesuré au niveau d'un regard de comptage d'eau dans la conduite de liaison.

Aujourd'hui, le secteur de la gare de Schaidt est approvisionné par les Verbandsgemeindewerke de Bad Bergzabern via la nouvelle conduite d'interconnexion. Le regard de comptage est devenu le point de mesure et a été transformé pour pouvoir mesurer les débits dans les périodes d'alimentation de secours. Un régulateur de pression permet de réduire la pression d'alimentation à la sortie de la station de Steinfeld pour l'amener à la pression de service de celle de Schaidt.

En cas de défaillance de l'alimentation en eau du secteur du Zweckverband Bienwald, celui-ci a la possibilité de s'approvisionner à la station de Steinfeld via la conduite d'interconnexion

#### 7.1.7.2 Secteur d'alimentation du landau-Land

Ce secteur bénéficie d'une source près de Silz dont l'eau est acheminée, non traitée, à travers la commune de Klingenmünster jusqu'au réservoir surélévé de Heuchelheim où elle est débarrassée de ses composants indésirables, tels que les turbidités et l'aluminium. Une alimentation de secours pour le secteur de Klingenmünster est donc exclue.

### 7.2 Besoins en eau potable et couverture de ces besoins 2008 et 2030

Les statistiques des gestionnaires ont permis de déterminer les besoins en eau et leur couverture. Les chiffres sont résumés dans les tableaux et graphiques de l'annexe 6.

#### 7.2.1 Bedarf und Deckung der Stadt Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden

Für die Planung zur Hochbehälter-Erweiterung „Mühlthal“ wurden im Entwurf des Ing.-Büro Dilger GmbH Verbrauchs- und Bedarfszahlen in Verbindung mit den Stadtwerken zusammengestellt. Daraus geht hervor, dass die Wasserabgabe in der Stadt von 585.915 m<sup>3</sup> im Jahr 2001 auf 513.009 m<sup>3</sup> im Jahr 2007 zurückgegangen ist. Ende 2010 hatte die Stadt Bad Bergzabern 7.407 Einwohner.

Neben der Wasserversorgung der Bürger und einiger Großverbraucher, die in diesen Zahlen enthalten sind, beliefern die Stadtwerke (STW) innerhalb des Versorgungsbereiches der VG Bad Bergzabern noch zwei Ortsgemeinden zu 100% und bei zwei weiteren Ortsgemeinden mit eigenen Quellen noch Trinkwasser zur Bedarfsdeckung in Trockenzeiten. Diese Abgabemengen der Stadt an die VG Bad Bergzabern schwanken zwischen 73.300 m<sup>3</sup> (2001), 116.038 m<sup>3</sup> (2006) und 86.000 m<sup>3</sup> (2008).

Die Wasserbedarfsmengen (einschließlich Rohrnetzverluste) der STW schwankten in der Vergangenheit zwischen 659.215 m<sup>3</sup> in 2001, 607.671 m<sup>3</sup> in 2007 und 652.000 m<sup>3</sup> im Jahr 2008.

Der maximale Jahresbedarf lag im Jahr 2003 bei 669.805 m<sup>3</sup>. Das Jahr 2003 war statistisch ein Jahr mit wenig Niederschlägen und heißen Sommertagen. Auf der Basis des Trockenjahrs 2003 wurden die Bedarfzahlen für 2030 prognostiziert.

#### Bedarf:

Bedarf	2008	
	Brunnen	Quellen
Stadt Bad Bergzabern	364 000	
Großabnehmer	136 000	
Abgabe an Ortsgemeinden der VG Bad Bergzabern	86 000	
Zwischensumme	586 000	
Verluste	66 000	
<b>Bedarf</b>	<b>652 000</b>	<b>23 000</b>
		<b>629 000</b>

#### 7.2.1 Besoins et approvisionnement de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde

Dans le cadre du projet d'extension du réservoir surélévé «Mühlthal», les chiffres relatifs aux besoins et à la consommation ont été rassemblés par le bureau d'études Dilger GmbH en collaboration avec les Stadtwerke. Il en ressort que le débit de la ville est descendu de 585.915 m<sup>3</sup>/an en 2001 à 513.009 m<sup>3</sup>/an en 2007. Fin 2010, la ville de Bad Bergzabern comptait 7.407 habitants.

Les Stadtwerke approvisionnent à 100 %, outre les habitants de la ville et les gros consommateurs compris dans ces chiffres, deux autres communes du secteur d'alimentation de la Verbandsgemeinde Bad Bergzabern. Un apport est fourni à deux communes pour compléter les ressources existantes en périodes de sécheresse. Ces débits que la ville fournit à la Verbandsgemeinde de Bad Bergzabern varient entre 73.300 m<sup>3</sup> (2001), 116.038 m<sup>3</sup> (2006) et 86.000 m<sup>3</sup> (2008).

Dans le passé, les besoins en eau (y compris les pertes sur le réseau) des Stadtwerke variaient entre 659.215 m<sup>3</sup> en 2001, 607.671 m<sup>3</sup> en 2007 et 652.000 m<sup>3</sup> en 2008.

Les besoins annuels maximum étaient de 669.805 m<sup>3</sup> en 2003. Statistiquement, l'année 2003 a été marquée par de faibles précipitations et un été chaud. Les besoins prévisionnels pour 2030 ont été chiffrés sur la base de l'année de sécheresse 2003.

#### Besoins:

Prognose Verbrauch	2030	
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /a
Stadt Bad Bergzabern	984	359 160
Großabnehmer	450	164 250
Abgabe an Ortsgemeinden der VG Bad Bergzabern	307	112 055
Zwischensumme	1 741	635 465
Verluste	209	76 285
<b>Jahresbedarf 2030 im Mittel</b>	<b>1 950</b>	<b>711 750</b>
Spitzenbedarf	2 340	

## Deckung:

Gemäß dem Wasserdargebot der Quellen und Brunnen ergibt sich folgende Wasserbilanz für den Wasserbedarf und die Bedarfsdeckung:

Quellen / TB	Schüttungen					
	max. l/s	minimale Schüttung		mittlere Schüttung		
		min. l/s	min. m³/d	min. m³/a	mittel l/s	mittel m³/d
Tannwald nord	15	7	605	220 752	11	950
Tannwald süd	10	6	518	189 216	8	691
Geißbrunnen/Hahnbuchen	8	5	432	157 680	7	605
Kandeler Quellen			130	47 450	1,5	130
TB Petronell			576	70 000	7	576
TB Brühl			216	50 000	2,5	216
<b>Summen Dargebot</b>			<b>2 477</b>	<b>735 098</b>	<b>37</b>	<b>3 168</b>
<b>Tagesbedarf im Mittel</b>			<b>1 950</b>		<b>1 950</b>	
Überschuss m³/d			527		1 218	
Spitzenbedarf m³/d			2 340		2 340	
Überschuss m³/d			137		848	
<b>Jahresbedarf 2030</b>			<b>711 750</b>		<b>711 750</b>	
<b>Überschuss min./mittel</b>			<b>23 348</b>		<b>275 490</b>	

Wenn bei den Gewinnungsanlagen (Quellen und Tiefbrunnen) keine gravierenden Störungen auftreten, kann der Bedarf der Stadt Bad Bergzabern und die Verbundabgabe an die VG Bad Bergzabern von den Stadtwerken Bad Bergzabern auch zukünftig abgedeckt werden.

## 7.2.2 Bedarf und Deckung VG Bad Bergzabern mit Ortsgemeinden

Da der Jahresbedarf mit rd. 816.000 m<sup>3</sup> im Trockenjahr 2003 in den Folgejahren nicht mehr erreicht wurde, sondern eher ein rückläufiger Bedarf im Versorgungsbereich der Verbandsgemeindewerke Bad Bergzabern festzustellen ist, sollte der künftige Bedarf nicht überhöht abgeschätzt werden (Anhang 6- A 6.1).

Daneben ist zu berücksichtigen, dass im Landesentwicklungsprogramm (plan de développement du territoire) prévoit une baisse du nombre d'habitants de 0,8 % entre 2006 et 2020.

Im Hinblick auf den zu erwartenden Klimawandel mit der Vorhersage, dass sich die Zahl der Tage mit sehr hohen Temperaturen im Sommer verdoppeln werden, können solche Verhältnisse wie 2003 als Beispiel und als Prognose für künftige Bedarfszahlen angesetzt werden.

Geht man von einem spezifischen Verbrauch von 136 l/E\*d aus (Bedarf 2006 – Anhang 6-A 6.2) und wird der Rückgang von 0,8 % der Einwohnerzahl berücksichtigt, so ergibt sich für das Prognosejahr 2030 ein Bedarf von:

## Approvisionnement:

D'après le débit des sources et forages, le bilan hydrique est le suivant:

Einwohnerzahl 2006 / Nombre d'habitants 2006:	15.852 Personen / personnes
Rückgang -0,8 % / Baisse -0,8 %:	127 Personen / 127 personnes
Bedarf 2006 / Besoins 2006	815.945 m <sup>3</sup>
minus Einwohnerrückgang	127 x 0,136 x 365 = 6.304 m <sup>3</sup>
<b>Moins baisse du nombre d'habitants</b>	
künftiger Jahresbedarf / Besoin annuel futur	815.945 – 6.304 = 809.641 m <sup>3</sup> /a
Verluste und Eigenbedarf ca.	90.359 m <sup>3</sup> /a
Pertes et besoins propres approx.	
<b>Bedarf 2030 / Besoins 2030</b>	<b>900.000 m<sup>3</sup>/a</b>

Innachfolgenden Tabellen wird der künftige Bedarf 2030 der 10 Ortsgemeinden, welche außerhalb des Versorgungsbereichs des WW Steinfeld liegen, anhand der Bedarfsschlüsse aus dem Jahr 2003 ermittelt, wobei im Zuschlag für Verluste eine Reduzierung berücksichtigt wird. Der Spitzenbedarf wird mit dem gerundeten Faktor f<sub>d</sub> = ca. 1,6 errechnet.

Dans les tableaux ci-dessous, les besoins en 2030 des 10 communes non comprises dans le secteur d'alimentation de la station de Steinfeld sont recensés sur la base des besoins de l'année 2003, le supplément pour pertes tenant compte d'une réduction. Les besoins en périodes de pointe sont calculés à l'aide du facteur f<sub>d</sub> = 1,6 (valeur arrondie).

En l'absence de perturbations majeures dans les installations de captage (sources et forages), les futurs besoins de la VG Bad Bergzabern peuvent être couverts par les Stadtwerke de Bad Bergzabern.

### 7.2.2 Besoins et approvisionnement de la VG Bad Bergzabern et de ses communes

Les besoins de 816.000 m<sup>3</sup> de l'année de sécheresse 2003 n'ayant plus été atteints par la suite et les besoins étant plutôt en baisse dans le secteur d'alimentation des Vebandsgemeindewerke Bad Bergzabern, les besoins futurs ne devront pas être surestimés (annexe 6- A 6.1).

Il convient également de considérer que le Landesentwicklungsprogramm (plan de développement du territoire) prévoit une baisse du nombre d'habitants de 0,8 % entre 2006 et 2020.

Dans la perspective du changement climatique et des prévisions selon lesquelles le nombre de jours d'été de très fortes températures doublera, les chiffres de 2003 peuvent servir d'exemple et de pronostic pour les besoins futurs.

En se basant sur une consommation spécifique de 136 l/h\*d (besoin 2006 – annexe 6- A 6.2) et en tenant compte de la baisse du nombre d'habitants de 0,8 %, le besoin prévisionnel pour l'année 2030 est le suivant:

Ortsgemeinde	Jahresabnahme 2003	(Verluste) Zuschlag	Jahresbedarf Prognose 2030	Tagesbedarf	
				m³/a	m³/a
Birkenhördt	27 244	2 256	29 500	82	130
Kapellen-Drusweiler	49 367	4 133	53 500	146	235
Dörrenbach	44 759	4 241	49 000	134	215
Böllborn	11 640	860	12 500	34	55
Pleisweiler	45 179	4 321	49 500	135	220
Niederhorbach	22 225	2 275	24 500	67	101
Klingenmünster	166 852	15 148	182 000	500	900
Gleiszellen-Gleishorbach	46 588	3 912	50 500	108	200
Schweigen-Rechtenbach	78 352	6 648	85 000	233	375
Oberrotterbach	72 419	6 581	79 000	216	350
<b>Gesamt</b>	<b>564 625</b>	<b>50 375</b>	<b>615 000</b>		

Der Bedarf wird wie bisher aus den 7 Quellen und den 4 Tiefbrunnen sichergestellt. Schüttungsmessungen von 2006 und 2007 sowie sonstige Leistungsangaben sind im Anhang 6- A 6.3 aufgeführt.

Wie bisher werden auch zukünftig die beiden Ortsgemeinden Birkenhördt und Kapellen-Drusweiler von den STW Bad Bergzabern voll versorgt.

Les besoins continueront d'être couverts à partir des 7 sources et 4 forages. Les mesures de débit de 2006 et 2007 et autres données de débit sont récapitulées dans l'annexe 6- A 6.3.

Les communes de Birkenhördt et de Kapellen-Drusweiler continueront d'être approvisionnées à 100 % par les Stadtwerke de Bergzabern.

### **Bedarf und Deckung im Teilverbund Klingenmünster mit Gleiszellen-Gleishorbach:**

Für Klingenmünster mit Gleiszellen-Gleishorbach und der Pfalzklinik ergibt sich folgende Bilanzübersicht:

Förderung durch eigene Brunnen und Quelle:

Jahr	Tiefbrunnen Im Tal	Tiefbrunnen 2	Tiefbrunnen 3	Tiefbrunnen Schlagweg	Summe Tiefbrunnen		Quellzuflauf
	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/a	m³/d	m³/a
2008	50 551	49 272	38 041	44 926	182 790	501	16 398
2009	48 287	48 478	36 365	43 560	176 690	484	19 219

### Klingenmünster mit Gleisz. + Pfalzklinik / Klingenmünster avec Gleisz. + Pfalzklinik

#### **Bedarf 2030 / Besoins 2030**

$$182.000 + 50.500 = 232.500 \text{ m}^3/\text{a}$$

mittlerer Tagesbedarf / Besoins moyens journaliers:

$$500 + 108 = 608 \text{ m}^3/\text{d} / 608 \text{ m}^3/\text{j}$$

Spitzenbedarf / Besoins de pointe:

$$900 + 200 = 1.100 \text{ m}^3/\text{d} / 1.100 \text{ m}^3/\text{j}$$

Deckung durch eigene Gewinnungsanlagen:

Approvisionnement par les installations de captage propres à la commune:

Gesamtbedarf / Besoins au total

$$232.500 \text{ m}^3/\text{a}$$

Quellschüttung im Mittel 120 m³/d / Débit de la source 120 m³/j en moyenne

$$- 43.800 \text{ m}^3/\text{a}$$

erforderliche Brunnenförderung / Prélèvements nécessaires dans les puits

$$188.700 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\Delta 516 \text{ m}^3/\text{d} \text{ im Mittel} / \Delta 516 \text{ m}^3/\text{j} \text{ en moyenne}$$

$$\Delta 980 \text{ m}^3/\text{d} \text{ bei Spitzenbedarf} / \Delta 980 \text{ m}^3/\text{j} \text{ en période de pointe}$$

Es ist anzustreben, dass bei den anstehenden Verlängerungen der Wasserrechte für die Tiefbrunnen der Bedarf von rd. 190.000 m³/a durch eine gehobene Erlaubnis abgedeckt wird.

### **Bedarf und Deckung im Teilverbund Schweigen-Rechtenbach – Oberrotterbach:**

### Schweigen-Rechtenbach/Oberrotterbach / Schweigen-Rechtenbach/Oberrotterbach

#### **Bedarf 2030 / Besoins 2030**

$$85.000 + 79.000 = 164.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

mittlerer Tagesbedarf: / Besoins moyens journaliers:

$$= 449 \text{ m}^3/\text{d} / 449 \text{ m}^3/\text{j}$$

Spitzenbedarf / Besoins de pointe:

$$= 725 \text{ m}^3/\text{d} / 725 \text{ m}^3/\text{j}$$

Deckung durch eigene Quellen / Approvisionnement par les sources propres:

Quellschüttung 2006

$$355+250 = 605 \text{ m}^3/\text{d} \quad \Delta 220.825 \text{ m}^3/\text{a}$$

Débit 2006

$$355+250 = 605 \text{ m}^3/\text{j} \quad \Delta 220.825 \text{ m}^3/\text{a}$$

Quellschüttung 2007

$$466+475 = 941 \text{ m}^3/\text{d} \quad \Delta 343.465 \text{ m}^3/\text{a}$$

Débit 2007

$$466+475 = 941 \text{ m}^3/\text{j} \quad \Delta 343.465 \text{ m}^3/\text{a}$$

Die minimale Quellschüttung aus dem Jahr 2006 reicht aus, um den Jahresbedarf 2030 zu decken. Der erforderliche Spitzenbedarf kann aus den vorhandenen Hochbehältern sichergestellt werden. Zusätzlich bestehen auch Einspeisemöglichkeiten aus der Verbundleitung Steinfeld – Wissembourg, um Ersatzwasser zu beziehen.

Le débit minimal des sources en 2006 suffit pour couvrir le besoin annuel de 2030. Les besoins de pointe peuvent être couverts à partir des réservoirs surélevés existants. Il existe en outre la possibilité d'utiliser en apport l'interconnexion de Steinfeld-Wissembourg.

### **Besoins et approvisionnement dans l'interconnexion partielle de Klingenmünster avec Gleiszellen-Gleishorbach:**

Pour Klingenmünster avec Gleiszellen-Gleishorbach und der Pfalzklinik, le bilan hydrique est le suivant:

Exploitation des forages et de la source propres à la commune:

### **7.2.3 Bedarf und Deckung im Versorgungsbereich des Wasserwerks Steinfeld**

Im Jahr 2003 wurden von den VGW Bad Bergzabern für den Versorgungsbereich der Ortsgemeinden Steinfeld, Niederrotterbach Oberhausen Barbelroth, Dierbach, Hergersweiler, Kapsweyer und Schweighofen vom WW Steinfeld rd. 281.000 m³ Trinkwasser abgegeben (Anhang 6-A 6.4).

#### **Bedarf 2003 / Besoins 2003**

$$281.283 \text{ m}^3 \Delta 770 \text{ m}^3/\text{d} / 281.283 \text{ m}^3 \Delta 770 \text{ m}^3/\text{j}$$

mittlere Monatsförderung / Débit moyen mensuel:

$$23.440 \text{ m}^3 = 8,3 \%$$

Daraus wird die prozentuale Monatsförderung errechnet.

D'où l'on obtient le pourcentage du débit mensuel.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
m³	20 842	19 045	22 890	23 493	25 990	27 099	25 875	28 931	23 264	21 774	21 207	20 873	281 283
%	7,4	6,8	8,1	8,4	9,2	9,6	9,2	10,3	8,3	7,7	7,5	7,4	

Auf der Basis des Bedarfs im Trockenjahr 2003 wird für die Prognose 2030 angesetzt:

Sur la base des besoins en 2003, les prévisions pour 2030 sont les suivantes:

#### **Bedarf 2030 / Besoins 2030**

$$285.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

mittlere Tagesbedarf:

$$780 \text{ m}^3/\text{d}$$

Besoins moyens journaliers:

$$780 \text{ m}^3/\text{j}$$

Spitzenbedarf:

$$1.500 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (bisher festgestellt)}$$

Besoins de pointe:

$$1.500 \text{ m}^3/\text{j} \text{ (chiffre relevé jusqu'ici)}$$

Für die Wasserbereitstellung stehen die Tiefbrunnen Steinfeld und Bienwald im UGWL und der Versuchsprung im MGWL beim WW zur Verfügung, aus denen auch die Verbundabgabe nach Wissembourg zu decken ist.

In Abstimmung mit Services Techniques der Stadt Wissembourg wurde eine langfristige jährliche Abnahme für die Stadt Wissembourg von 150.000 m³/a prognostiziert.

Natürlich sind in besonderen Fällen, z. B. bei Störungen in der Eigenversorgung in Wissembourg, größere Abgabemengen zu berücksichtigen, diese können temporär auch über das WW Steinfeld abgedeckt werden.

L'approvisionnement en eau se fait à partir des forages de Steinfeld et de Bienwald dans l'aquifère profond et des puits d'exploration dans l'aquifère médian. Ces puits servent aussi à alimenter Wissembourg via le réseau d'interconnexion.

En concertation avec les Services Techniques de la ville de Wissembourg, un débit annuel de 150.000 m³ est prévu pour Wissembourg sur le long terme.

Dans des cas particuliers, par exemple en cas de défaillance de l'approvisionnement en régie directe à Wissembourg, des débits plus importants sont à prévoir, ceux-ci pouvant être couverts temporairement par la station de Steinfeld.

Wasserwerk Steinfeld  
Station de Steinfeld



<b>Bedarf 2030 / Besoins 2030</b>	
- für den Versorgungsbereich aus dem WW Steinfeld	
- pour le secteur d'alimentation couvert par la station Steinfeld	285.000 m <sup>3</sup> /a
- für die Verbundabgabe nach Wissembourg	
- pour les réseaux d'interconnexion vers Wissembourg	150.000 m <sup>3</sup> /a
<b>Bedarf 2030 gesamt/ Besoins totaux 2030</b>	<b>435.000 m<sup>3</sup>/a</b>

Es wird angestrebt, eine nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen zu gewährleisten. Die monatlichen Grundwasserentnahmen in der Zukunft werden in einer ähnlichen Größenordnung liegen wie 2003 (Anhang 6-A 6.6.2).

Die durch Pumpversuche und Grundwassermodelluntersuchungen berechneten Szenarien der Grundwasserförderung ergaben, dass nachhaltig aus dem Mittleren und Unteren Grundwasserleiter folgende Jahresmengen gefördert werden können:

UGWL / Aquifère profond	300.000 m <sup>3</sup> /a	$\Delta$	25.000 m <sup>3</sup> /Monat	25.000 m <sup>3</sup> /mois
MGWL / Aquifère médian	300.000 m <sup>3</sup> /a	$\Delta$	25.000 m <sup>3</sup> /Monatt	25.000 m <sup>3</sup> /mois

#### Dargebot / Débit

(Von dem Gesamt-Wasseraufkommen kann Wissembourg theoretisch über 50 % verfügen.)  
(Théoriquement, Wissembourg peut disposer de 50 % de la ressource totale en eau)

Mittelfristig werden an die Stadt Wissembourg rd. 150.000  $\Delta$  411 m<sup>3</sup>/d abgegeben. In nachfolgender Tabelle werden die monatlichen Anteile des künftigen Bedarfes 2030 von 435.000 m/a einschließlich der monatlichen Abgabe nach Wissembourg erfasst. Es werden daraus die Entnahmemengen aus den Tiefbrunnen der beiden Grundwasserstockwerke ermittelt, wobei die Vorgabe besteht **aus dem MGWL eine möglichst gleichbleibende Grundlastmenge zu entnehmen**. Ziel ist u. a., während des Pumpens noch weitere Daten im Zuge eines Monitorings über das hydraulische Verhalten im MGWL zu erhalten. Entsprechend wurden zur Bedarfdeckung eine Entnahme von rd. 274.000 m<sup>3</sup>/a aus dem MGWL und eine Entnahme von rd. 161.000 m<sup>3</sup>/a aus dem UGWL auf die Monate eines Jahres verteilt (siehe auch Anhang 6-A 6.5)

#### Deckung 2030 durch / Approvisionnement 2030 par

Entnahme aus dem MGWL:  
des prélèvements dans l'aquifère médian:

ca. 750 m<sup>3</sup>/d  $\Delta$  274.000m<sup>3</sup>/a  
ca. 750 m<sup>3</sup>/j  $\Delta$  274.000m<sup>3</sup>/a

Entnahme aus dem UGWL:  
des prélèvements dans l'aquifère profond:

ca. 441 m<sup>3</sup>/d  $\Delta$  161.000 m<sup>3</sup>/a  
ca. 441 m<sup>3</sup>/j  $\Delta$  161.000 m<sup>3</sup>/a

#### Deckung / Approvisionnement

435.000 m<sup>3</sup>/a

1	Prognose 2030 im Versorgungsbereich des WW Steinfeld	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
2	Bedarf in der VG Bad Bergzabern m <sup>3</sup>	21 100	19 400	23 100	23 800	26 400	27 500	26 200	29 100	23 800	22 100	21 400	21 100	285 000
3	Abgabe nach Wissembourg m <sup>3</sup>	12 739	11 506	12 739	12 328	12 739	12 328	12 739	12 748	12 328	12 739	12 328	12 739	150 000
4	Gesamtbedarf, Förderung aus WW Steinfeld m <sup>3</sup>	33 839	30 906	35 839	36 128	39 139	39 828	38 939	41 848	36 128	34 839	33 728	33 839	435 000
Deckung:														435 000
5	Entnahme aus MGWL	23 300	21 000	23 300	22 400	23 300	22 500	23 300	22 500	23 300	22 500	23 300	23 300	274 000
6	Entnahme aus UGWL	10 539	9 906	12 539	13 728	15 839	17 328	15 639	18 548	13 628	11 539	11 228	10 539	161 000
7	Entnahmen im Mittel pro Tag aus MGWL und UGWL m <sup>3</sup>	1 128	1 030	1 195	1 204	1 305	1 328	1 298	1 395	1 204	1 161	1 124	1 128	1 192

Um die Verbundwasserabgabe nach Wissembourg sicher zu stellen, ist die Aufbereitungslistung im Wasserwerk Steinfeld zu erhöhen. Die künftige Tagesleistung der Wasseraufbereitung sollte der **bewilligten maximalen Tagesförderung von 2.400 m<sup>3</sup>/d angepasst werden**.

Die **Betriebsweise** der Brunnenpumpen **könnte wie folgt gestaltet werden**:

Pour garantir l'approvisionnement en eau de Wissembourg à partir du réseau d'interconnexion, il est nécessaire d'augmenter le débit de l'usine de traitement de Steinfeld. Le futur **débit journalier devrait être adapté au débit minimal journalier autorisé de 2.400 m<sup>3</sup>/j.**

Le mode de fonctionnement des pompes pourrait être le suivant:

Versuchsbrunnen VII beim WWK im MGWL 50 m<sup>3</sup>/h \* 15 h/d  $\Delta$  750 m<sup>3</sup>/d = 274.000 m<sup>3</sup>/a  
Puits d'exploration VII au WWK dans l'aquifère médian 50 m<sup>3</sup>/h \* 15 h/j  $\Delta$  750 m<sup>3</sup>/j = 274.000 m<sup>3</sup>/a

Die verbleibende Differenz wird aus dem UGWL gefördert.  
La différence restante sera prélevée dans l'aquifère profond.

Tiefbrunnen III beim WWK im UGWL 55 m<sup>3</sup>/h (Pumpdauer nach Bedarf / Puits profonds III au WWK dans l'aquifère profond durée du pompage selon beso) = 61.000 m<sup>3</sup>/a

oder / und ou / et

Tiefbrunnen III Bienwald im UGWL 100 m<sup>3</sup>/h (Pumpdauer nach Bedarf / puits d'exploration III Bienwald dans l'aquifère profond durée du pompage selon beso) = 100.000 m<sup>3</sup>/a

Summe / Somme

435.000 m<sup>3</sup>/a

Bei besonderen Bedarfssteigerungen (z. B. Spitzenbedarfsabdeckung oder Notsituationen) können die Laufzeiten der Brunnenpumpen im UGWL erhöht und auch die Betriebszeit der Aufbereitungsanlagen verlängert werden.

## 7.2.4 Bedarf und Deckung der Stadt Wissembourg

### Stadt Wissembourg

Die Abteilung Services Techniques in Wissembourg hat nachstehende Daten über die Verbrauchs- und Bezugsverhältnisse in Wissembourg zur Verfügung gestellt (Anhang 6-A 6.6 und A 6.6.1). Aus den Tabellen wird ersichtlich, dass der größte Wasserbedarf im Jahr 2003 anstand und dass der Verbrauch in den letzten Jahren abnahm.

Auf der Basis der Jahre 2008 und 2009 wird die Bedarfsdeckung in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Pour couvrir les besoins particuliers (consommation de pointe ou situations d'urgence), il est possible d'augmenter les temps de pompage dans l'aquifère profond et de prolonger le fonctionnement des installations de traitement.

## 7.2.4 Besoins et approvisionnement de la ville de Wissembourg

### Ville de Wissembourg

Les Services Techniques de la ville de Wissembourg ont fourni les données ci-dessous sur la situation à Wissembourg (annexe 6-A 6.6 et A 6.6.1). Les tableaux indiquent que le besoin le plus important correspond à celui de 2003 et que la consommation a diminué ces dernières années.

Se basant sur les consommations des années 2008 et 2009, la couverture des besoins est représentée dans le tableau ci-après:

Jahr	Gesamtbedarf einschließlich Verluste m³/a	Abgabe an Einwohner m³/a	Bedarfsdeckung		
			Eigenförderung m³/a	Bezug vom Syndicat Mixte m³/a	Bezug vom GöZ Wissembourg m³/a
2008	577 023	551 207	1 510	491 901	500
2009	534 242	533 617	1 462	423 813	0
					110 429

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass die Eigenförderung aus Quellen und Brunnen nicht ausgereicht hat, um den Gesamtbedarf zu decken.

Le tableau montre que l'approvisionnement à partir des captages propres (sources et puits) n'a pas suffi pour couvrir le besoin total.

#### Mittleres Dargebot und bewilligte Entnahmemengen

#### Approvisionnement moyen et prélevements autorisés

- aus Quellen im Mundatwald:

$$15 \text{ l/s} \triangleq 54 \text{ m}^3/\text{h} = 1.296 \text{ m}^3/\text{d}$$

Sources de la forêt de Mundat:

$$15 \text{ l/s} \triangleq 54 \text{ m}^3/\text{h} = 1.296 \text{ m}^3/\text{j}$$

- mittleres Dargebot/Bewilligung / Approvisionnement moyen/prélèvements autorisés:

$$473.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

- aus Tiefbrunnen 1:

$$25 \text{ m}^3/\text{h} \text{ in } 10 \text{ h/d} \triangleq 250 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$25 \text{ m}^3/\text{h} \text{ in } 10 \text{ h/j} \triangleq 250 \text{ m}^3/\text{j}$$

- aus Tiefbrunnen 2:

$$245 \text{ m}^3/\text{h} \text{ in } 10 \text{ h/d} \triangleq 450 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$245 \text{ m}^3/\text{h} \text{ in } 10 \text{ h/j} \triangleq 450 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Mittleres Dargebot/Bewilligung / Approvisionnement moyen/prélèvements autorisés:

$$273.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

Der künftige Bedarf 2030 in der Stadt Wissembourg wurde mit Services Techniques abgestimmt, wobei eine deutliche Bedarfssteigerung gegenüber 2003/2008 prognostiziert wurde. Der Bedarf 2003 lag jedoch schon bei 767.357 m³.

Les besoins pour 2030 de la ville de Wissembourg ont été déterminés en concertation avec les Services Techniques de la ville. Par rapport à 2003/2008, les besoins ont nettement augmenté. En 2003, les besoins avaient pourtant déjà atteint 767.357 m³.

#### Bedarf 2030 / Besoins 2030:

- Trinkwasserabgabe / Approvisionnement en eau potable:  
- Verluste ca. 10 % / Pertes environ 10 %:

$$650.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$65.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$715.000 \text{ m}^3/\text{a}$$

#### Bedarf 2030 / Besoins 2030 :

- mittlerer Tagesbedarf / Besoins moyens journaliers:

$$1.960 \text{ m}^3/\text{d} / 1.960 \text{ m}^3/\text{j}$$

Vergleichsjahr 2003 / Année 2003 à titre de comparaison:

$$2.006 \text{ m}^3/\text{d} / 2.006 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$3.047 \text{ m}^3/\text{d} / 3.047 \text{ m}^3/\text{j}$$

Der Bedarf kann gedeckt werden durch:

- Quellwasser aus eigenen Quellen
- Grundwasser aus zwei eigenen Tiefbrunnen
- Wasserbezug vom Wasserwerk Steinfeld (GöZ Wissembourg/Bad Bergzabern) über eine Verbundleitung
- Wasserbezug vom Syndicat Mixte über eine Verbundleitung

Le besoin peut être couvert par:

- l'eau des sources
- l'eau souterraine captée dans deux puits
- un approvisionnement par la station de Steinfeld (GöZ Wissembourg/Bad Bergzabern) via une conduite d'interconnexion
- un approvisionnement par le Syndicat Mixte via une conduite d'interconnexion

#### Bedarfsdeckung 2008 / 2009 / Approvisionnement 2008 / 2009:

a) Quellen

a) sources

b) 2 Tiefbrunnen

b) 2 puits profonds

c) Bezug von Syndicat Mixte

c) Syndicat Mixte

d) vom Wasserwerk Steinfeld(GöZ)

d) Wasserwerk Steinfeld(GöZ)

40 – 76 % in Abhängigkeit von deren Schüttung

40 – 76 % en fonction du débit

8 – 44 % nach Bedarf

8 – 44 % selon besoins

Mindestabnahme 0,5 % und nach Bedarf

quantité minimale 0,5 % et selon besoins

13 – 25 %, jedoch zur Zeit

aus technischen Gründen nach oben begrenzt

13 – 25 %, pourcentage actuellement

limité vers le haut pour des raisons techniques

Wie weit die Schüttungen innerhalb der Monate sowie in Nass- und Trockenjahren auseinander liegen, zeigt die nachfolgende Tabelle (entwickelt aus der Tabelle A 6.6.1, Anhang 6).

Le tableau ci-dessous récapitule les écarts entre les débits au cours des mois et dans les années humides et sèches (développé à partir du tableau A 6.6.1, annexe 6).

Monat	Minimum 2006			Maximum 2003		
	Schüttung %	Schüttung m³	Schüttung l/s	Schüttung %	Schüttung m³	Schüttung l/s
Januar	8,6	20 730	7,7	10,5	54 353	20,3
Februar	7,9	19 102	7,1	10,4	53 768	20,1
März	8,6	20 814	7,8	9,4	48 650	18,2
April	9,9	23 989	9	8,5	43 837	16,4
Mai	9,4	22 639	8,5	8	41 054	15,3
Juni	8,4	20 235	7,6	9,2	47 501	17,7
Juli	6,8	16 304	6,1	7,1	36 376	13,6
August	8	19 323	7,2	7,8	40 070	15
September	7,5	18 180	6,8	8,8	45 252	16,9
Oktober	8,5	20 499	7,7	8,5	43 585	16,3
November	8,2	19 693	7,4	6,1	31 367	11,7
Dezember	8,2	19 706	7,4	5,7	29 429	11
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>241 214</b>		<b>100</b>	<b>515 242</b>	

#### Syndicat Mixte

Der elsässische Wasserverbund beliebt zahlreiche Gemeinden im Raum südlich von Wissembourg und besitzt seine Gewinnungsanlage bei der Gemeinde Neuhaeusel, bestehend aus einem leistungsfähigen Tiefbrunnen, dessen Wasser unaufbereitet in das Verbundnetz eingespeist werden kann (Anlage K4, Blatt 2).

Es besteht eine Hauptförderleitung durch das Versorgungsgebiet, die beim Zentralbehälter mit 1.000 m³ Inhalt, südlich von Wissembourg endet und im Gegendruck betrieben wird. Neben diesem Zentralbehälter steht der neue Hochzonenbehälter der Stadt Wissembourg mit einem Inhalt von 1.300 m³ zur Verfügung. Beide Wasserbehälter sind für die gegenseitige Belieferung miteinander verbunden.

#### Syndicat Mixte

Le Syndicat Mixte approvisionne de nombreuses communes au sud de Wissembourg et possède sa propre station de captage près de la commune de Neuhaeusel, composé d'un forage profond à fort débit dont l'eau, non traitée, peut alimenter le système d'interconnexion (annexe K4, feuille 2).

Une conduite maîtresse dessert le secteur d'alimentation qui se termine au niveau du réservoir central d'une contenance de 1.000 m³ au sud de Wissembourg et qui fonctionne en contrepression. Non loin de ce réservoir se situe le nouveau réservoir de zone haute de la ville de Wissembourg d'une contenance de 1.300 m³. Les deux réservoirs sont reliés entre eux pour un approvisionnement réciproque.

Von der Werkleitung und von Services Techniques wurden folgende Leistungsdaten übermittelt: (Anhang 6-A 6.7):

La direction du Syndicat et les Services Techniques nous ont fourni les données de rendement suivantes (annexe 6-A 6.7):	
Pumpenleistung im Tiefbrunnen/ Débit du puits profond:	200 m <sup>3</sup> /h
mögliche Maximalentnahme:	bis 4.800 m <sup>3</sup> /d
Prélèvements possibles:	4.800 m <sup>3</sup> /j max.
maximale Jahresförderung 2003 / Débit maximal en 2003:	650.000 m <sup>3</sup>
bisher größte Tagesentnahme am 02.07.2009:	3.343 m <sup>3</sup> /d /
Prélèvements journaliers max. avant le 02/07/2009:	3.343 m <sup>3</sup> /j
mögliche maximale Abgabe an Wissembourg:	bis 3.900 m <sup>3</sup> /d
Prélèvements possibles pour Wissembourg:	3.900 m <sup>3</sup> /j max.
je nach Größe des Eigenbedarfes im Verbandsgebiet minimale Abgabe:	4.800 – 3.343 = 1.457 m <sup>3</sup> /d
En fonction des besoins propres du secteur intercommunal prélèvements min	4.800 – 3.343 = 1.457 m <sup>3</sup> /j

Das Syndicat hat früher schon den Fehlbedarf in Wissembourg ausgeglichen.

Le Syndicat avait déjà compensé le déficit de Wissembourg dans le passé.

#### Versorgungsbereich Syndicat Mixte

##### Secteur d'alimentation du Syndicat Mixte

			4.000 Einwohner	8.000 Einwohner	13.800 Einwohner	9.500 Einwohner	48.300 Einwohner
100 % Belieferung	Betschdorf		4.000 Einwohner				
Approvisionnement 100 %	Betschdorf		4.000 habitants				
mögliche Belieferung	Stadt Wissembourg			8.000 Einwohner			
Approvisionnement possible	Ville de Wissembourg			8.000 habitants			
Teilbelieferung	Syndicat des eaux Riedseltz		3.000 Einwohner				
Approvisionnement partiel	Syndicat des eaux Riedseltz		3.000 habitants				
Teilbelieferung	Syndicat des eaux Soulzs/Forets		12.000 Einwohner				
Approvisionnement partiel	Syndicat des eaux Soulitz/Forêts		12.000 habitants				
Teilbelieferung	Syndicat des eaux Seltz		10.000 Einwohner				
Approvisionnement partiel	Syndicat des eaux Seltz		10.000 habitants				
Teilbelieferung	Syndicat des eaux Lauterbourg		13.800 Einwohner				
Approvisionnement partiel	Syndicat des eaux Lauterbourg		13.800 habitants				
Teilbelieferung	Syndicat des eaux Roeschwoog-Neuhaeusel		9.500 Einwohner				
Approvisionnement partiel	Syndicat des eaux Roeschwoog-Neuhaeusel		9.500 habitants				

#### Notfallszenario mit minimaler Quellschüttung

Aus den von Services Techniques zur Verfügung gestellten Monatsdaten für die Jahre 2003 und 2006 wird für die Prognose 2030 ein Szenario für das größte Versorgungsproblem berechnet, nämlich wenn das Quellwasser wie 2006 am geringsten ist (Anhang 6- A 6.8.2).

#### Scénario d'urgence avec un débit de source minimal

Un scénario du plus important incident d'alimentation possible, à savoir l'abaissement du niveau de la source au niveau le plus faible comme en 2006, a été calculé à partir des données mensuelles pour les années 2003 et 2006, fournies par les Services Techniques (annexe 6- A 6.8.2).

2003 = Jahr mit höchstem Verbrauch	= 767.357 m <sup>3</sup> (Anlage6-A6.6)
2003 = année de la plus forte consommation	= 767.357 m <sup>3</sup> (annexe 6-A6.6)
2006 = Jahr mit niedrigstem Quellwasseraufkommen	= 241.214 m <sup>3</sup>
2006 = année du plus faible débit de source	= 241.214 m <sup>3</sup>
<b>Mittlerer Bedarf 2030</b>	<b>= 715.000 m<sup>3</sup></b>
<b>Besoins moyens 2030</b>	<b>= 715.000 m<sup>3</sup></b>

**Bedarfsdeckung** unter der Vorgabe eines Trockenjahrs mit geringen Quellschüttungen (Quellschüttung wie 2006, Brunnenutzung mit 700 m<sup>3</sup>/d gemäß der bestehenden Entnahmegenehmigung).

**Approvisionnement** sur la base d'une année de sécheresse à faible débit de source (débit de source de 2006, débit d'exploitation des puits 700 m<sup>3</sup>/j conformément à l'autorisation d'exploitation existante).

Monat	Bedarf		Bedarf	Deckung durch Quellen	Deckung durch Brunnen	Deckung durch Quellen und Brunnen gesamt 2030	Deckung durch Syndicat Mixte und GöZ 2030	erforderlicher Bezug durch Syndicat Mixte und GöZ 2030	erforderlicher Bezug pro Tag durch Syndicat Mixte und GöZ 2030 m <sup>3</sup> /d
	2003 m <sup>3</sup>	%	2030 m <sup>3</sup>	2030 m <sup>3</sup>	2030 m <sup>3</sup>	2030 m <sup>3</sup>	2030 m <sup>3</sup>	2030 m <sup>3</sup>	2030 m <sup>3</sup> /d
Januar	70 220	9,2	65 429	20 730	21 700	42 430	22 999	742	
Februar	63 905	8,3	59 545	19 102	19 600	38 702	20 843	744	
März	70 834	9,2	66 001	20 814	21 700	42 514	23 487	758	
April	65 750	8,6	61 264	23 989	21 000	44 989	16 275	542	
Mai	59 608	7,8	55 541	22 639	21 700	44 339	11 202	361	
Juni	70 992	9,3	66 148	20 235	21 000	41 235	24 913	830	
Juli	69 772	9,1	65 011	16 304	21 700	38 004	27 007	871	
August	66 765	8,7	62 210	19 323	21 700	41 023	21 187	683	
September	62 120	8,1	57 882	18 180	21 000	39 180	18 702	623	
Oktober	58 505	7,6	54 513	20 499	21 700	42 199	12 314	397	
November	50 792	6,6	47 326	19 693	21 000	40 693	6 633	221	
Dezember	58 094	7,6	54 130	19 706	21 700	41 406	12 724	410	
<b>Gesamt</b>	<b>767 357</b>	<b>100</b>	<b>715 000</b>	<b>241 214</b>	<b>255 500</b>	<b>496 714</b>	<b>218 286</b>	<b>599</b>	
							<b>715 000</b>		

Aus den Monatsdaten der Gesamtentnahmen (Deckung aus Quellen und Brunnen) wird das monatliche Defizit errechnet, was einen mittleren Tagesbedarf zwischen 221 und 871 m<sup>3</sup>/d ergibt. Der erforderliche Jahresbezug von 218.286 m<sup>3</sup> könnte vom Wasserwerk Steinfeld (GöZ) und/ oder dem Syndicat Mixte zur Verfügung gestellt werden. Problematisch wäre die Belieferung des Tagesspitzenbedarfs von 871 m<sup>3</sup>.

Nach den Angaben von Services Techniques kann der Spitzentagesbedarf von 3.000 m<sup>3</sup>/d (wie 2003) abgedeckt werden.

Bei gleichzeitigem Spitzenbedarf im Versorgungsbereich des WW Steinfeld ergibt sich folgende Bilanz (errechnet aus dem Monat Juli mit dem geringsten Monatsaufkommen und der höchsten Bezugsmenge):

Le déficit mensuel a été calculé à partir des données de débits mensuels (approvisionnement à partir des sources et des puits); résultat correspond à un besoin moyen journalier compris entre 221 et 871 m<sup>3</sup>/j. Les 218.286 m<sup>3</sup> nécessaires pourraient être fournis par la station de Steinfeld (GöZ) et/ou le Syndicat Mixte. La difficulté, en revanche, serait de couvrir les pointes journalières de 871 m<sup>3</sup>.

Selon les services techniques du Syndicat de Wissembourg, il est possible de couvrir une consommation de pointe de 3.000 m<sup>3</sup>/jour (comme en 2003).

Une consommation de pointe simultanée dans le secteur d'alimentation de la station de Steinfeld donnerait le bilan suivant (calculé sur la base du mois de juillet, avec le débit mensuel le plus faible et l'approvisionnement le plus important):

Leistung Wasserwerk Steinfeld / Débit Wasserwerk Steinfeld	2.400 m <sup>3</sup> /d 2.400 m <sup>3</sup> /j
Spitzenbedarf im Bereich Steinfeld / Consommation de pointe secteur de Steinfeld	1.500 m <sup>3</sup> /d 1.500 m <sup>3</sup> /j
Abgabe nach Wissembourg / Fourniture à Wissembourg	900 m <sup>3</sup> /d 900 m <sup>3</sup> /j
<b>Spitzenbedarf in Wissembourg</b> <b>Consommation de pointe à Wissembourg</b>	<b>3.000 m<sup>3</sup>/d</b> <b>3.000 m<sup>3</sup>/j</b>
Eigenaufkommen 38.004 m <sup>3</sup> im Monat Juli 2003 Ressources propres 38.004 m <sup>3</sup> au mois de juillet 2003	△ 1.226 m <sup>3</sup> /d △ 1.226 m <sup>3</sup> /j
<b>notwendige Bezugsmenge</b> <b>Apport nécessaire</b>	<b>1.774 m<sup>3</sup>/d</b> <b>1.774 m<sup>3</sup>/j</b>
davon Lieferung aus Steinfeld (GöZ) par Steinfeld (GöZ)	900 m <sup>3</sup> /d 900 m <sup>3</sup> /j
erforderlicher Bezug von Syndicat Mixte par le Syndicat Mixte	874 m <sup>3</sup> /d 874 m <sup>3</sup> /j

Dieses Sonderszenario, dass die Quellen der Stadt Wissembourg in einem extremen Trockenjahr nur noch rd. 241.000 m<sup>3</sup>/a schütten und damit der Verbundwasserbezug vom GöZ (WW Steinfeld) auf rd. 218.000 m<sup>3</sup>/a (vgl. vorherige Tabelle) ansteigt, bedeutet für die Grundwasserbewirtschaftung im Versorgungsbereich des WW Steinfeld eine wesentlich höhere Belastung im UGWL:

Ce scénario particulier selon lequel les ressources propres de la ville de Wissembourg ne couvriront plus que 241.000 m<sup>3</sup>/an dans une année d'extrême sécheresse, tandis que la quantité à fournir par le GöZ (station de Steinfeld) augmente jusqu'à 218.000 m<sup>3</sup>/an (cf. tableau précédent), implique pour la gestion de l'eau dans le secteur d'approvisionnement de Steinfeld une sollicitation nettement plus importante de l'aquifère profond:

Bedarf 2030 max.	Jan. m <sup>3</sup>	Feb. m <sup>3</sup>	März m <sup>3</sup>	April m <sup>3</sup>	Mai m <sup>3</sup>	Juni m <sup>3</sup>	Juli m <sup>3</sup>	Aug. m <sup>3</sup>	Sept. m <sup>3</sup>	Okt. m <sup>3</sup>	Nov. m <sup>3</sup>	Dez. m <sup>3</sup>	Prognose 2030 m <sup>3</sup>
Bedarf in der VG Bad Bergzabern	21 100	19 400	23 200	23 800	26 400	27 500	26 200	29 200	23 700	22 000	21 400	21 100	285 000
Abgabe nach Wissembourg	22 999	20 843	23 487	16 275	11 202	24 913	27 007	21 167	18 702	12 314	6 633	12 724	218 286
Gesamtbedarf 2030 im Versorgungsbereich des WW Steinfeld	44 099	40 243	46 687	40 075	37 602	52 413	53 207	50 387	42 402	34 314	28 033	33 824	503 286
Entnahmen aus dem MGWL	23 250	21 000	23 250	22 500	23 250	22 500	23 250	23 250	22 500	23 250	22 500	23 250	273 750
Entnahmen aus dem UGWL	20 849	19 243	23 437	17 575	14 352	29 913	29 957	27 137	19 902	11 064	5 533	10 574	229 536
im Mittel m <sup>3</sup> /d	672	686	752	581	457	992	989	871	662	355	184	341	629

In einem Trockenjahr, bei erhöhter Abgabe an die Stadt Wissembourg, steigt im Versorgungsbereich des WW Steinfeld in den Sommermonaten die Förderung aus dem UGWL an und beansprucht den UGWL mit einer Jahresentnahme von rd. 229.000 m<sup>3</sup>, gegenüber der mittleren erwarteten Jahresentnahme von 161.000 m<sup>3</sup>, (vgl. 7.2.3) am höchsten. Trotz der erhöhten Wasserabgabe von rd. 218.000 m<sup>3</sup>/a an die Stadt Wissembourg, würde mit der Gesamtbedarfsmenge von rd. 503.000 m<sup>3</sup>/a im WW Steinfeld die bewilligte Jahresentnahme von 600.000 m<sup>3</sup> aus den beiden Grundwasserleitern nicht überschritten werden.

Au cours d'une année de sécheresse, avec un approvisionnement plus important de la ville de Wissembourg, les prélèvements destinés à couvrir les besoins du secteur d'alimentation de Steinfeld dans les mois d'être augmentent dans l'aquifère profond pour atteindre un maximum de 229.000 m<sup>3</sup> par rapport au débit moyen annuel attendu de 161.000 m<sup>3</sup> (cf. 7.2.3). Malgré le volume accru de 218.000 m<sup>3</sup>/an fourni à la ville de Wissembourg, l'approvisionnement total de 503.000 m<sup>3</sup>/an par la station de Steinfeld ne dépasserait pas le volume de prélèvement autorisé de 600.000 m<sup>3</sup>/an dans les deux aquifères.

## 7.2.5 Fazit Wasserbedarf und Deckung 2030

Aus den Angaben und Überlegungen zum Wasserbedarf und der Deckung für die drei Wasserversorgungsbereiche (vgl. Kap. 7.2.1 bis 7.2.4) ergibt sich folgende Versorgungssituation für das Prognosejahr 2030:

Ortsgemeinden der Stadt	Bedarf 2030			Bedarf 2030 gesamt	Deckung 2030			Deckung 2030 gesamt		
	Versorgungsbereich WW Steinfeld	Wasserabgabe	Quellen		Brunnen	Wasser-bezug				
Stadtwerke Bad Bergzabern	600 000	0	112 000	712 000	592 000	120 000	0	712 000		
Verbandsgemeindewerke Bad Bergzabern	615 000	285 000	150 000	1 050 000	321 000	617 000	112.000*	1 050 000		
Stadt Wissembourg	715 000	0	0	715 000	310 000	255 000	150.000**	715 000		
<b>Gesamt</b>	<b>1 930 000</b>	<b>285 000</b>		<b>2 215 000</b>	<b>1 223 000</b>	<b>892 000</b>		<b>2 215 000</b>		

\* von STW Bad Bergzabern

\*\* vom GöZ (Grenzüberschreitender örtlicher Zweckverband Wissembourg-Bad Bergzabern), alternativ vom Syndicat Mixte

Im gesamten Versorgungsbereich der drei Wasserversorger werden zur Deckung des prognostizierten Wasserbedarfes für das Jahr 2030 von 2.215.000 m<sup>3</sup>/a, wie bisher, das Aufkommen der Quellen dringend benötigt. Der Quellwasseranteil wird auch in Zukunft rd. 55-60% des Bedarfs abdecken!

## 7.2.6 Dargebotsreserven 2030

Aufgrund des hohen Quellwasseranteils zur Abdeckung des Gesamtbedarfs sind die Dargebotsreserven für die Prognose 2030 nur schwer abzuschätzen.

- Bei den STW Bad Bergzabern schwanken die Dargebotsreserven in der Vergangenheit in Trocken- oder Nassjahren zwischen rd. 23 und 275 Tsd. m<sup>3</sup>/a.
- Bei den VG Bad Bergzabern dürften die Dargebotsreserven bei den Quellen bei rd. 100 und bei den Tiefbrunnen in Steinfeld und Bienwald bei rd. 165 Tsd. m<sup>3</sup>/a liegen.
- Für die Stadt Wissembourg sind die Quellschüttungen und Brunnenenergiebigkeiten in der Vergangenheit sehr schwankend (2009 = 424 Tsd. m<sup>3</sup>, 2003 = 652 Tsd. m<sup>3</sup>), so dass immer ein Anteil an Fremdwasserbezug vom Syndicat Mixte und dem GöZ zur Abdeckung des Bedarf erforderlich waren. Theoretisch kann die Stadt Wissembourg einen Fremdwasserbezug vom GöZ in Höhe von 300 Tsd. m<sup>3</sup>/a beanspruchen, so dass gegenüber der geplanten Abnahme von 150 Tsd. m<sup>3</sup>/a im Prognosejahr 2030 noch Reserven in Höhe von rd. 150 Tsd. m<sup>3</sup>/a bestehen.

## 7.2.5 Bilan besoins / approvisionnement 2030

Les données et réflexions sur les besoins en eau et leur couverture dans les trois secteurs d'alimentation (cf. paragraphes 7.2.1 à 7.2.4) permettent d'envisager la situation suivante pour 2030:

Dans l'ensemble du secteur d'alimentation des trois gestionnaires/distributeurs d'eau, le débit des sources restera indispensable pour couvrir les besoins prévisionnels pour l'année 2030 de 2.215.000 m<sup>3</sup>/an. L'eau de source continuera à l'avenir à couvrir 55 à 60% des besoins !

## 7.2.6 Réserves de production 2030

Compte tenu de la proportion importante de l'eau de source dans la couverture des besoins globaux, il est difficile d'évaluer les réserves de production pour 2030.

- Pour les Stadtwerke de Bad Bergzabern, les réserves variaient dans le passé entre 23.000 et 275.000 m<sup>3</sup>/an selon les années humides ou sèches.
- Pour le réseau intercommunal de Bad Bergzabern, les réserves devraient avoisiner les 100.000 m<sup>3</sup>/a pour les sources et les 165.000 m<sup>3</sup>/a pour les puits de Steinfeld et Bienwald.
- Pour la ville de Wissembourg, les débits des sources et des puits variaient fortement dans le passé (2009 = 424.000 m<sup>3</sup>, 2003 = 652.000 m<sup>3</sup>) de manière qu'un apport du Syndicat Mixte et du GöZ a toujours été nécessaire pour couvrir les besoins. Théoriquement, la ville de Wissembourg peut solliciter un apport du GöZ de 300.000 m<sup>3</sup>/a ce qui correspond à une réserve de 150.000 m<sup>3</sup>/an pour un approvisionnement de 150.000 m<sup>3</sup>/an en 2030.

## 7.3 Technik der Wasserversorgung

### 7.3.1 Wasserspeicherung

In nachfolgender Tabelle werden die vorhandenen Wasserspeicher im Untersuchungsgebiet aufgeführt und mit den ermittelten Tagesspitzenverbrächen verglichen. Das Fluktionsvolumen stellt den nutzbaren Inhalt ohne die Löschwasserreserve dar.

Durch die untereinander bestehenden zahlreichen Verknüpfungen der Versorgungsanlagen ist eine hohe Sicherheit für die Verbraucher auch an Spitzenverbrauchstagen gegeben.

Lediglich für den Versorgungsbereich Wasserwerk Steinfeld, in dem kein leistungsfähiger hochliegender Wasserspeicher zur Verfügung steht, muss zusätzliches Speichervolumen beim Wasserwerk geschaffen werden.

Ebenso für den Hochbehälter Klingenmünster, dessen Volumen durch die hohe Abnahme in der Pfalzklinik und bei Abgabe an Gleiszellen-Gleishorbach nicht mehr ausreicht, wird eine Erweiterung erforderlich.

## 7.3 Organisation technique de l'alimentation en eau

### 7.3.1 Stockage d'eau

Le tableau ci-dessous recense les réservoirs d'eau existant dans la zone étudiée et compare les consommations de pointe journalières relevées. Le débit fluctuant représente la contenance utilisable sans la réserve d'incendie.

Les nombreuses interconnexions des installations d'alimentation offrent une grande sécurité d'approvisionnement pour les consommateurs au moment des pointes journalières.

Seul le secteur d'alimentation de la station de Wasserwerk Steinfeld qui ne dispose pas de réservoir surélevé performant, est concerné par la nécessité de créer un volume d'entreposage supplémentaire.

Il en est de même pour le réservoir surélevé de Klingenmünster, dont le volume est désormais insuffisant en raison de l'importance des prélevements de la Pfalzklinik d'une part, et de la sollicitation par la commune de Gleiszellen-Gleishorbach d'autre part.

Speicheranlagen	$Q_{dmax}$	Flukt.-Volumen	Bilanz	Zustand	Bemerkungen
	m³/d	m³			
Stadtwerke Bad Bergzabern					große Reserve zur Absicherung bei schwanken-den Quellschüttungen
HB Festplatz	2 350			neuwertig	
HB Mühlthal	2 050			neuwertig	
HB Firstweg	400			brauchbar	
Stadtteil Blankenborn		30		brauchbar	
mit Ortsgemeinden	2 340	4 830	2 490		
Birkenhördt		60		saniert	durch ständig mögliche Zuförderung reicht das Volumen aus
Dörrenbach – Böllenborn					bei nachlassender Eigengewinnung erfolgt Nachfüllung von den Stadtwerken
HB Hochzone	300			brauchbar	Fluktationsvolumen kann aus WWK und von den Stadtwerken ständig ergänzt werden
HB Tiezone	200			saniert	
Böllenborn	500	20		ausreichend	
				wird saniert	
Teilverbund Pleisweiler – Niederhorbach		300		brauchbar	Ergänzung des Bedarfes durch Stadtwerke
Gleiszellen – Klingenmünster					Der fehlende Speicherraum sollte im Zuge von geplanten Erweiterungsmaßnahmen für die Wasseraufbereitung beim HB Hochzone mit errichtet werden.
Klingenmünster					
HB Hochzone	300			saniert	
HB Tiezone	180			saniert	
HB Landeck	50			saniert	
HB Pfalzklinik	200			saniert	
		730			
HB Gleiszellen	200			brauchbar	
	1 100	930	-170		
WWK Steinfeld					Die Tiefbehälter reichen nicht aus, um bei Erweiterung der Filteranlage das benötigte Fluktationsvolumen zu gewährleisten.
Tiefbehälter außen	600			brauchbar	Notwendige Erweiterung.
Tiefbehälter innen	150			brauchbar	Durch ständige Einspeisung aus dem Verbund Steinfeld reichen die Inhalte aus.
	750				
HB Oberhausen	300			saniert	
HB Dierbach	60			saniert	
Schweigen	375	200		brauchbar	Durch den bestehenden Teil-verbund mit eigenen Gewinnungsanlagen und mit dem Anschluss an die Verbund-leitung nach Wissembourg reichen die Fluktations-volumen aus.
Oberotterbach	350	200		saniert	
	725	400	-325		
Wissembourg	3 000				Die Möglichkeiten des Was-serbezuges vom Wasserwerk Steinfeld und vom Syndicat Intercom erfordern kein zusätzliches Volumen.
HB Hochzone		1 300		neuwertig	
HB Tiezone		1 000		saniert	
		2 300			

### 7.3.2 Wasseraufbereitung

Die im Versorgungsgebiet genutzten Quellen weisen überwiegend geringe Härtegrade, niedrige pH-Werte und aggressive CO<sub>2</sub> auf. Die von der TVO abweichenden Grenzwerte werden in den vorhandenen Wasserwerken eingestellt bzw. unterschritten. Handlungsbedarf besteht lediglich in Klingenmünster wegen zu hohen Arsengehalten in einzelnen Tiefbrunnen.

Des Weiteren ist die Aufbereitungsleistung des Wasserwerkes Steinfeld den künftigen Erfordernissen anzupassen.

### 7.3.2 Traitement de l'eau

Les sources exploitées dans le secteur d'alimentation présentent, pour la plupart, une dureté et un pH faibles et contiennent du CO<sub>2</sub> agressif. Les valeurs relevées, si elles ne sont pas inférieures aux valeurs imposées par la législation allemande sur l'eau potable (TVO), font l'objet d'un calage dans les stations de captage existantes. Ce n'est qu'à Klingenmünster qu'une intervention est nécessaire en raison d'une teneur trop élevée en arsenic dans les différents forages profonds.

Il est également nécessaire d'adapter le débit de traitement de la station de Steinfeld aux besoins futurs.

Aufbereitung für Abnehmer	Standort	Ziel	Verfahrenstechnik	Bemerkung
Stadtwerke Bad Bergzabern	HB Mühlthal	Entarsenierung	Ultrafiltration	
		Trübungsentfernung	(im Bau)	
		Entkeimung		
Stadtteil Blankenborn	WWK bei Blankenborn	Neutralisation	Druckfilter mit dolo-mitischem Filterkies	neuwertig
		Entkeimung	UV-Anlage	
Dörrenbach – Böllendorf	bei Böllendorf	Neutralisation	Druckfilter mit dolo-mitischem Filterkies	Neubau wird Altanlage ersetzen.
		Entkeimung	UV-Anlage	
Pleisweiler – Niederhorbach	HB Pleisweiler	Neutralisation	offenes Filterbecken mit dolomitischen Filterkies	brauchbar
		Entkeimung		
Klingenmünster-Gleiszellen	HB Hochzone	Neutralisation	Dosierung von Natronlauge	Der den Grenzwert übersteigende Arsengehalt erfordert eine neue Aufbereitungsanlage beim Hochzonenbehälter Klingenmünster.
			Druckfilter mit dolomitischen Filtermaterial	Danach wird das WWK Gleiszellen wegen Unwirtschaftlichkeit außer Betrieb genommen.
		Enteisenung		
Oberotterbach	Hochbehälter	Neutralisation	Druckfilter mit dolo-mitischem Filterkies	brauchbare Anlage, saniert
			Druckfilter mit dolo-mitischem Filterkies	Sanierung geplant
Schweigen-Rechtenbach	WWK bei Rechtenbach	Neutralisation		
Steinfeld – Verbund	WWK bei Steinfeld	Enteisenung	Druckfilter mit Sandfüllung	neuwertige Anlage, jedoch für Spitzen-tagesbedarf im Grenzbereich arbeitend,
		Entmanganung	nach Vorbelüftung und Zwischen-speicherung	Erweiterung erforderlich
		H <sub>2</sub> S-Entfernung		
		O <sub>2</sub> -Anreicherung		
		Neutralisation		
Wissembourg	HB Tieffzone	Entkeimung	UV-Anlage	neuwertig
Syndicat Mixte	-	-	-	Das am Tiefbrunnen entnommene Grundwasser kann unaufbereitet in das Verbundsystem eingespeist werden.

### 7.3.3 Gewinnungsanlagen

Den Gewinnungsanlagen im Untersuchungsgebiet sind Schutzzonen zugeordnet. Die Fassungen und Schächte bei den Quellen werden ordentlich gesichert und unterhalten. Diskussionsbedarf besteht noch für das vorhandene Schutzgebiet des Bienwaldbrunnens, da ein Anteil des geförderten Tiefengrundwassers von Frankreich grenzüberschreitend zum Bienwaldbrunnen fließt.

Die Tiefbrunnen beim WW Steinfeld sind technisch neuwertig, das bestehende Wasserschutzgebiet muss entsprechend der Grundwassermodellergebnisse überprüft und ggf. korrigiert werden. Im Rahmen der stattfindenden Untersuchungen bei den Tiefbrunnen Steinfeld werden die abschließenden Bewilligungsanträge vorbereitet.

Im Bereich Klingenmünster wurden die Tiefbrunnen saniert. Neue Wasserrechte stehen für die Entnahme aus dem Tiefbrunnen Klingenmünster an. Pumpversuche sollen Klarheit schaffen.

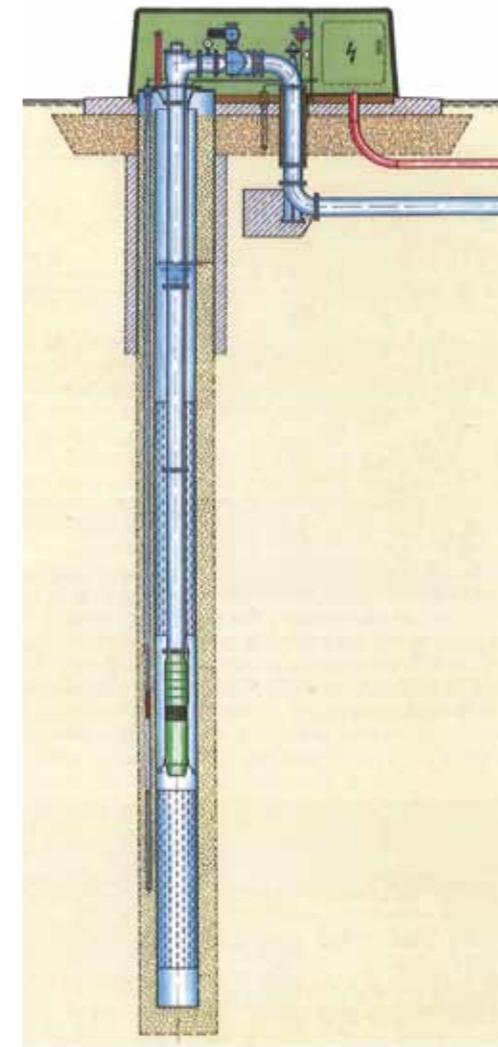
### 7.3.3 Stations de captage

Les stations de captage dans la zone étudiée sont assimilées à des zones protégées. Les captages et puits situés près des sources sont bien sécurisés et entretenus. La zone de protection du Bienwaldbrunnen doit quant à elle être réexaminée et redéfinie, une partie de l'eau captée dans l'aquifère profond transfrontalier s'écoule vers le Bienwaldbrunnen.

Les puits profonds de la station de WW Steinfeld sont techniquement neufs et le périmètre de protection existant doit être vérifié et, le cas échéant, corrigé, en fonction des résultats du modèle hydrodynamique. Les demandes d'autorisation finales seront préparées dans le cadre des études réalisées au niveau des puits de Steinfeld.

Dans le secteur de Klingenmünster, les puits ont été assainis et l'octroi de nouveaux droits de prélèvement est attendu pour le puits de Klingenmünster. Des pompages d'essai doivent permettre d'obtenir plus de précisions.

Schema Brunnenausbau  
Schéma d'un forage



Die Untersuchungen zeigen, dass die bisher genutzten und neuen Gewinnungsanlagen auch langfristig den künftigen Bedarf mit zeitweise hohen Spitzenverbräuchen abdecken können. Die Gewinnungsgebiete bzw. die Versorgungsbereiche sind durch Verbundleitungen schon heute gut miteinander verknüpft.

Die Erschließung von neuen Gewinnungsgebieten ist mittelfristig nicht erforderlich.

#### 7.4 Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Technik und Infrastruktur in der Wasserversorgung

Im Untersuchungsraum sind die Versorgungsbereiche über Verbundleitungen miteinander verknüpft. Zum Nutzen aller Versorger bestehen gegenseitige Liefermöglichkeiten. Trotzdem ist vorauszuschauen, inwieweit durch besondere Ereignisse Probleme in der Wasserversorgung auftreten können und wie sie zu beseitigen sind.

Im Anhang 6-A 6.8 sind mittels Fließpfeilen die Verteilungsmöglichkeiten im Gesamtverbund schematisch dargestellt.

##### 7.4.1 Bereich der Stadt Bad Bergzabern mit den Ortsgemeinden

Zentraler Wasserlieferer sind die Stadtwerke mit ihrem ausreichenden Wasseraufkommen. Probleme bei der Bedarfsdeckung in den Ortsgemeinden können über die bestehenden Verbundleitungen zu den VG Bad Bergzabern gelöst werden.

**Notfallszenario:** Das Wasseraufkommen der Stadtwerke reicht nicht aus, evtl. durch Ausfall der Quellen bei Birkenhördt (Anhang 6-A 6.8.1).

Steht ein solches Problem langfristig an, ist die Versorgung zumindest in der Stadt und der direkt belieferten Ortsgemeinden gefährdet. Ein leistungsfähiges Versorgungsunternehmen, von dem dann nahezu der gesamte Wasserbedarf durch Verbundwasserlieferung abgedeckt werden kann, ist nicht vorhanden. **In einem ersten Schritt wäre die Herstellung einer Verbundleitung zum Wasserwerk Steinfeld sicherlich sinnvoll.**

Les études établissent que les installations de captage, anciennes et nouvelles, pourront couvrir les futurs besoins à long terme, y compris en cas de pointes de consommation temporaires. Les zones de captage des différents secteurs d'alimentation sont aujourd'hui très bien reliées entre elles par des conduites d'interconnexion.

Il n'est pas nécessaire, à moyen terme, de prévoir de nouvelles zones de captage.

#### 7.3 Recommandations d'action pour améliorer la technique et l'infrastructure de l'alimentation en eau

Dans la zone étudiée, les secteurs d'alimentation sont reliés entre eux par des conduites d'interconnexion. L'ensemble des gestionnaires/distributeurs ont la possibilité de s'approvisionner réciproquement. Malgré cela, il est indispensable de déterminer dans quelle mesure des problèmes d'alimentation en eau dus à des incidents particuliers peuvent survenir et comment les éliminer.

Dans l'annexe 6-A 6.8 sont représentées les possibilités de distribution du réseau d'interconnexion à l'aide de flèches d'écoulement.

##### 7.4.1 Secteur de la ville de Bad Bergzabern et des communes de la Verbandsgemeinde

La distribution centrale est assurée par les Stadtwerke qui disposent d'une ressource suffisante. Les éventuels déficits dans les communes environnantes peuvent être comblés par le réseau d'interconnexion qui dessert la VG de Bad Bergzabern.

**Scénario d'urgence:** Le débit dont disposent les Stadtwerke est insuffisant, suite à la défaillance des sources près de Birkenhördt (annexe 6-A 6.8.1).

Si un tel problème persiste, l'alimentation de la ville et des communes directement rattachées est en péril. Aucun distributeur ou syndicat n'est en capacité de couvrir la quasi-totalité des besoins par l'intermédiaire du réseau d'interconnexion. **La réalisation d'une conduite d'interconnexion vers la station de Steinfeld au cours d'une première étape serait sûrement utile.**

#### 7.4.2 Bereich Gleiszellen – Klingenmünster

Nach Bewilligung der Entnahmemengen aus den vier Tiefbrunnen und des Quellzulaufes sowie nach Realisierung der Ausbaumaßnahme beim Hochzonenbehälter dürfte die Wasserversorgung dort ohne Probleme langfristig gesichert sein.

#### 7.4.3 Bereich Schweigen-Rechtenbach – Oberotterbach

Nach der Sanierung des Wasserwerkes Schweigen-Rechtenbach und durch den bestehenden Anschluss am Verbund mit Wissembourg ist die Wasserversorgung in diesem Teilverbund langfristig gesichert.

#### 7.4.4 Bereich Wasserwerk Steinfeld

Entsprechend der Bedeutung des Wasserwerkes Steinfeld für die regionale und überregionale Wasserversorgung sind die notwendigen technischen Maßnahmen (Erhöhung Speichervolumen und Aufbereitungskapazität) zügig umzusetzen. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass die Brunnen in Steinfeld und im Bienwald komplett und gleichzeitig ausfallen werden. Sollten die Brunnenleistungen aus technischen Gründen teilweise ausfallen, so könnte die Stadt Wissembourg auch ihren gesamten Verbundwasseranteil vom Syndicat Mixte beziehen und ggf. wäre dann auch der Bezug aus Wissembourg über die bestehende Verbundleitung zum WW Steinfeld eine Möglichkeit (Anhang 6-A 6.8.3)

Eine geplante Ergänzung der Rohrführung der vorhandenen Pumpenanlage im Tiefzonenbehälter der Stadt Wissembourg wird es ermöglichen, Wasser in den Erdhochbehälter Schweigen-Rechtenbach zu pumpen. Von dort fließt es durch die Verbundleitung zum Wasserwerk Steinfeld. Der hohe Vordruck wird es erlauben, dass dieser Zufluss über eine Druckregulierung in das Verbundnetz beim Wasserwerk eingespeist werden kann.

Die bestehende Verbindungsleitung vom Hochbehälter Firstweg bietet die Möglichkeit, Wasser der Stadtwerke an die Einzelhöfe (Deutschhof u. a.) abzugeben, die an den Verbund angeschlossen sind. Die Höhenlage des Hochbehälters Firstweg ermöglicht die Einspeisung in die tiefer liegenden Hochbehälter Dierbach und Oberhausen.

Ein Notfallszenario für den Wasserzweckverband Bienwald ist im Anhang 6-A 6.8.4 beschrieben.

#### 7.4.2 Secteur de Gleiszellen – Klingenmünster

Après l'obtention des autorisations de prélèvement dans les quatre puits et dans la source et la réalisation des travaux d'extension au niveau du réservoir de zone haute, l'alimentation en eau devrait être garantie à long terme dans ce secteur.

#### 7.4.3 Secteur de Schweigen-Rechtenbach – Oberotterbach

Après l'assainissement de la station de captage de Schweigen-Rechtenbach et compte tenu du raccordement existant au réseau d'interconnexion avec Wissembourg, l'alimentation en eau de ce secteur est garantie à long terme.

#### 7.4.4 Secteur de la station de Steinfeld

En raison de l'importance de la station de Steinfeld pour l'alimentation en eau régionale et suprarégionale, les mesures techniques nécessaires (augmentation du volume de stockage et de la capacité de traitement) doivent être mises en œuvre rapidement. Une défaillance totale et simultanée des puits de Steinfeld et du Bienwald est plus qu'improbable. Si les débits de l'un ou l'autre de ces puits devaient baisser pour des raisons techniques, le Syndicat Mixte pourrait fournir à la ville de Wissembourg la totalité de sa part provenant du réseau d'interconnexion et Wissembourg pourrait, en cas de nécessité, desservir la station de Steinfeld par l'intermédiaire de la conduite d'interconnexion (annexe 6-A 6.8.3)

L'extension prévue des tuyauteries de la station de pompage dans le réservoir de zone basse de la ville de Wissembourg permettra de pomper l'eau vers le réservoir surélevé de Schweigen-Rechtenbach, d'où elle s'écoule vers la station de Steinfeld via la conduite d'interconnexion. La forte pression en amont permettra à ce flux de se déverser dans le réseau d'interconnexion au niveau de la station moyennant l'utilisation de régulateurs de pression.

La conduite existante vers le réservoir surélevé de Firstweg offre la possibilité d'amener l'eau des Stadtwerke jusqu'aux exploitations isolées (Deutschhof, etc.) qui sont raccordées au réseau d'interconnexion. L'altitude du réservoir de Firstweg permet d'acheminer l'eau vers les réservoirs surélevés de Dierbach et d'Oberhausen situés plus bas.

Un scénario d'urgence pour le syndicat de l'eau du Bienwald est décrit dans l'annexe 6-A 6.8.4.

#### 7.4.5 Bereich Wissembourg und Syndicat Mixte

Die langfristig vorgesehene Mindestförderung von 150.000 m<sup>3</sup>/a nach Wissembourg könnte sich erhöhen, wenn im Wasseraufkommen der Stadt ein größeres Defizit z. B. durch Minimalschüttung der Quellen oder gar deren Ausfall anstehen würde.

Als Mitglied des Zweckverbandes stehen der Stadt bis 50 % des Wasseraufkommens beim Wasserwerk Steinfeld zu.

Auch könnte beim Syndicat ein Versorgungsproblem durch Ausfall von Anlagen auftreten, so dass ein Wasserbezug aus Wissembourg erforderlich würde. Dann wäre das Eigenaufkommen in der Stadt durch höheren Bezug aus Steinfeld auszugleichen (Anhang 6- A 6.8.2).

#### 7.4.6 Ausbaumaßnahmen im Verbund au sein du réseau

Bei allen aufgezeigten Problemen steht das Wasserwerk Steinfeld im Mittelpunkt, besonders auch zur Sicherstellung der Wasserversorgung in Notfällen und in Trockenzeiten. Dies bedeutet, dass die noch vorhandene Lücke zwischen dem nördlichen Bereich um die Stadt Bad Bergzabern und den südlichen Versorgungsbereichen Steinfeld-Wissembourg- Syndicat Mixte durch eine leistungsfähige Verbundleitung geschlossen werden sollte.

Folgende Ausbaumaßnahmen werden mittelfristig als sinnvoll erachtet:

##### a) Bereich WWK Steinfeld

- bauliche Erweiterung oder Neubau des Wasserwerkes mit Aufbereitungsanlagen mit Tiefbehältern mit Rohrleitungsverknüpfungen vorgeschlagene Tagesleistung: 2.400 m<sup>3</sup>/Tag
- Niederbringung und Anschluss eines Tiefbrunnens im MGWL

##### b) Notversorgung Bereich Stadtwerke Bad Bergzabern

- Herstellung einer Verbundleitung als Lückenschluss zum WW Steinfeld, wie vorab beschrieben
- Einbindung in die bestehenden Versorgungsanlagen

##### c) Notversorgung Bereich WWK Steinfeld / Wissembourg

- Nachrüstung der Pumpenanlage im Tiefzonenbehälter der Stadt Wissembourg

#### 7.4.5 Secteur de Wissembourg et du Syndicat Mixte

Le débit minimal de 150.000 m<sup>3</sup>/an prévu à long terme pour Wissembourg pourrait augmenter si les ressources de la ville subissaient un déficit important dû, par exemple, à un débit minimal des sources ou à la défaillance totale de celles-ci.

En tant que membre du groupement, la ville a droit à 50 % du captage réalisé à Steinfeld.

Le Syndicat pourrait également être affecté par un problème d'alimentation dû à une défaillance de certaines installations nécessitant un apport de Wissembourg. Les ressources propres de la ville devront dans ce cas être compensées par un apport plus important de la station de Steinfeld (annexe 6- A 6.8.2).

#### 7.4.6 Mesures d'extension au sein du réseau

La station de Steinfeld est au cœur de l'ensemble des problèmes soulevés, notamment pour assurer l'alimentation en cas d'urgence et dans les périodes de sécheresse. Cela signifie que la lacune qui existe encore entre le secteur nord autour de la ville de Wissembourg et les secteurs de Steinfeld-Wissembourg-Syndicat Mixte au sud doit être comblée par une conduite d'interconnexion performante.

Les mesures d'extension jugées utiles à mettre en œuvre à moyen terme sont les suivantes:

##### a) Secteur de la station de Steinfeld

- extension de la station existante ou construction d'une nouvelle station avec des installations de traitement avec des réservoirs enterrés avec des interconnexions débit journalier proposé: 2.400 m<sup>3</sup>/j
- réalisation et raccordement d'un forage profond dans l'aquifère médian

##### b) Alimentation de secours du secteur des Stadtwerke Bad Bergzabern

- réalisation d'une conduite d'interconnexion pour combler la lacune vers la station de Steinfeld, comme décrit ci-dessus
- intégration dans les installations d'alimentation existantes

##### c) Alimentation de secours du secteur de la station de Steinfeld / Wissembourg

- mise à niveau de la station de pompage dans le réservoir de zone basse de la ville de Wissembourg
- adaptation des tuyauteries pour acheminer l'eau vers le réservoir surélevé de

- Umrüstung der Rohrverbindungen für Förderung zum HB Schweigen-Rechtenbach bei Wassermangel im Bereich Steinfeld
- Herstellung einer Fallleitung vom Hochzonenbehälter zur Hochzone für die Umstellung von Gegendruck- auf Durchlaufbetrieb in Wissembourg

##### d) Bereich Klingenmünster

- Erweiterung am Hochbehälter Hochzone mit vergrößertem Speicherraum mit Aufbereitungsanlage
- Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Tiefbrunnen, Feststellung der gegenseitigen Beeinflussung und des jeweiligen Arsengehaltes
- Einholung der Entnahmegenehmigungen
- Verstärkung von Rohwasserleitungen zu Tiefbrunnen

##### e) Allgemein

- Errichtung von Wasserzählerschächten vor und nach Netzen in Verbundanlagen
- Einbau von Wasserzählern im Ablauf von Wasserspeicheranlagen
- Erfassung von Pumpenfördermengen so weit nicht vorhanden  
Ziel: Reduzierung hoher Wasserverluste

##### f) Notversorgung Wasserzweckverband Bienwald

- Erweiterung des Wasserspeichers beim Wasserwerk  
(nur bei längerem Notbetrieb)

#### 7.5 Handlungsempfehlungen für das Monitoring

Die Überwachung der Grundwassermessstellen des UGWL über fast eine Dekade hinweg belegen, wie wichtig eine kontinuierliche Auswertung und Interpretation der auflaufenden Daten für die Bewirtschaftung eines Grundwassersystems sind. Gerade komplexe und voneinander getrennte Grundwasserleiter erfordern eine systematische Überwachung der Grundwasserspiegel bzw. Druckpotenziale. Daher sollte für die zukünftige Bewirtschaftung des MGWL und UGWL im Einzugsgebiet der Entnahmebrunnen das bestehende Überwachungsprogramm, unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse aus den Pumpversuchen, fortgeführt werden.

Die LAG wird im Rahmen des, für den Versuchsbrunnen WII im Anschluss an das INTERREG – Projekt, notwendig werdenden Wasserrechtsverfahrens ein entsprechendes Monitoringprogramm sowie einen Zeitplan für die Abfassung der Monitoringberichte erstellen.

Schweigen-Rechtenbach en déficit dans le secteur de Steinfeld

- réalisation d'une conduite gravitaire depuis le réservoir surélevé vers la zone haute pour passer du régime à contrepression au régime continu à Wissembourg

##### d) Secteur de Klingenmünster

- extension du réservoir surélevé de la zone haute avec un espace d'entreposage plus important avec une installation de traitement
- vérification du débit des puits détermination de l'influence réciproque et de la teneur respective en arsenic
- dépôt des demandes d'autorisation de prélèvement
- renforcement des tuyauteries vers les puits profonds

##### e) En général

- réalisation de puits de comptage en amont et en aval des réseaux dans les installations interconnectées
- mise en place de compteurs d'eau à la sortie des réservoirs
- suivi des débits de pompage, dans la mesure où cela n'a pas été fait but: réduction des pertes d'eau importantes

##### f) Alimentation de secours Wasserzweckverband Bienwald

- extension du réservoir près de la station (seulement en cas de régime de secours prolongé)

#### 7.5 Recommandations d'action pour le monitoring

Le suivi piézométrique dans l'aquifère profond sur une dizaine d'années a prouvé l'importance pour la gestion d'un système aquifère de l'évaluation et de l'interprétation permanentes des données recueillies. Les aquifères complexes et séparés les uns des autres nécessitent tout particulièrement la mise en place d'un suivi systématique de l'évolution piézométrique. Pour la future exploitation des aquifères médian et profond, il est donc important de poursuivre le programme de monitoring existant dans le bassin versant des puits de prélèvement en prenant en considération les nouvelles connaissances obtenues grâce aux essais de pompage.

Le groupe de travail élaborera, dans le cadre des demandes d'autorisation de prélèvement pour le puits d'exploration WII qui seront nécessaires à la suite du projet INTERREG, un programme de monitoring ainsi qu'un calendrier pour la rédaction des rapports de monitoring.

## 7.6 Handlungsempfehlungen zu den Wasserrechten und Schutzgebieten

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Handlungsempfehlungen für die zukünftige grenzüberschreitende Grundwasserbewirtschaftung ableiten:

- a) Die bis ins Jahr 2026 festgesetzte Bewilligung in Höhe von 600.000 m<sup>3</sup>/Jahr Entrahme aus dem Bienwaldbrunnen sollte ungeachtet der differenzierten Grundwasserleiter (MGWL und UGWL) als verbindliche Gesamtentnahmemenge für alle Brunnen, also Bienwaldbrunnen, Brunnen III Steinfeld und Versuchsbrunnen VII Steinfeld gelten. Dabei sollten entsprechend der Grundwassermessungen 300.000 m<sup>3</sup>/a jeweils für den MGWL und UGWL nicht überschritten werden.
- b) Für den Versuchsbrunnen VII ist ein Wasserschutzgebiet auf der Grundlage des DVGW-Arbeitsblatt W 101 auszuweisen. Die Untersuchungsergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich das Grundwasserneubildungsgebiet für den MGWL in nordwestlicher Richtung vom Versuchsbrunnen VII ausdehnt. Eine Aufteilung in die Schutzzonen I, II und III scheint sinnvoll. Zum besseren Verständnis der hydraulischen Situation im Einzugsgebiet sind jedoch noch eine bis zwei tiefendifferenzierte Messstellen erforderlich.
- c) Diskussionsbedarf besteht noch für das vorhandene Schutzgebiet des Bienwaldbrunnens, da ein Anteil des geförderten Tiefengrundwassers von Frankreich grenzüberschreitend zum Bienwaldbrunnen fließt. Ein grenzüberschreitendes Wasserschutzgebiet für den UGWL ist aufgrund der unterschiedlichen länderspezifischen Rechtsauslegung nur schwer durchführbar. Es sollte jedoch ein Schutzraum auf französischer Seite definiert werden, in welchem vor allem Bohrungen in den MGWL und UGWL nicht gestattet sind.

## 7.7 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Bewirtschaftungsraum

Die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels im 21. Jahrhundert auf den Grundwasserhaushalt sind für die Wasserwirtschaft und den örtlichen Trinkwasser-versorger von besonderer Bedeutung. Im Kooperationsvorhaben „Klimaveränderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA), in dem Rhein-

## 7.6 Recommandations d'action pour les demandes d'autorisation de prélèvement et les périmètres de protection

Les résultats des études permettent la déduction des recommandations d'action suivantes pour la future gestion transfrontalière de l'eau :

- a) En dépit des systèmes aquifères différenciés (médian et profond), l'autorisation de prélèvement de 600.000 m<sup>3</sup>/an dans le Bienwaldbrunnen, octroyée jusqu'en 2026, doit être considérée comme consentie pour le volume de prélèvement total de l'ensemble des puits, à savoir le Bienwaldbrunnen, le puits III Steinfeld et le puits d'exploration VII Steinfeld. D'après la modélisation hydrodynamique, le prélèvement dans chacun des aquifères médian et profond ne devrait pas être supérieur 300.000 m<sup>3</sup>/an.
- b) Pour le puits d'exploration VII, un périmètre de protection doit être identifié sur la base de la fiche technique DVGW-Arbeitsblatt W 101. Les résultats de l'étude mènent à la conclusion selon laquelle la zone de recharge de l'aquifère médian s'étend vers le nord-ouest à partir du puits d'exploration VII. Une division en zones de protection I, II et III semble utile. Pour mieux comprendre la situation hydraulique dans le bassin versant, il est néanmoins indispensable d'ajouter un ou deux piézomètres à différentes profondeurs.
- c) La zone de protection déjà existante du Bienwaldbrunnen doit quant à elle être réexaminée, une partie de l'eau captée traversant la frontière en direction du Bienwaldbrunnen. Une zone de protection transfrontalière des eaux souterraines pour l'aquifère profond n'est que difficilement réalisable en raison de l'interprétation du droit spécifique à chaque des pays. Un espace de protection côté français devrait néanmoins être défini, dans lequel les forages dans l'aquifère médian et dans l'aquifère profond ne sont pas autorisés.

## 7.7 Répercussions possibles du changement climatique sur l'espace étudié

Les répercussions du changement climatique sur l'équilibre hydrologique au 21<sup>e</sup> siècle revêtent une importance particulière pour les gestionnaires locaux de l'eau potable. Le projet de coopération « Changements climatiques et conséquences pour la gestion de l'eau » (KLIWA) auquel participe le Land de Rhénanie-Palatinat, consiste à identifier les changements possibles pour les

land-Pfalz Partner ist, werden die möglichen Veränderungen für Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz herausgearbeitet und Handlungsempfehlungen erarbeitet [6]. Aus diesen Großraumuntersuchungen werden für den Bewirtschaftungsraum Bad Bergzabern-Wissembourg Ergebnisse extrahiert.

Unter den Bilanzgrößen des Wasserhaushalts kommt der flächenhaften Grundwasserneubildung eine große Bedeutung zu. Die Wasserversorgung in Süddeutschland beruht zum überwiegenden Teil auf der Nutzung natürlicher Grundwasservorkommen. Mögliche Änderungen der Grundwasserneubildungsrate als Folge des Klimawandels bleiben damit nicht ohne Folgen für die Versorgungssicherheit und die Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung.

Auf der Grundlage von Szenariendaten aus dem regionalen Klimamodell WettReg-2006 wurde das Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW eingesetzt und die Berechnung der Wasserhaushaltskomponenten für das Szenario „Nahe Zukunft 2021-2050“ durchgeführt.

In der Grundwasserlandschaft nördlicher Oberrheingraben (quartäre und pliozäne Sedimente) liegt der Bewirtschaftungsraum Bad Bergzabern -Wissembourg. Die Ergebnisse der Bodenwasserhaushaltssimulation lassen folgende Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten für die „Nahe Zukunft 2021-2050“ im Vergleich zu der Zeitreihe 1971-2000 erwarten:

Der Niederschlag wird in der Jahressumme leicht zunehmen (rd. 10 mm), wobei im Winterhalbjahr eine Zunahme von rd. 26 mm und im Sommerhalbjahr eine Abnahme von rd. 16 mm erwartet wird (Abb. 7.1).

Niederschlag  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B homogen. Reihen 1971-2000

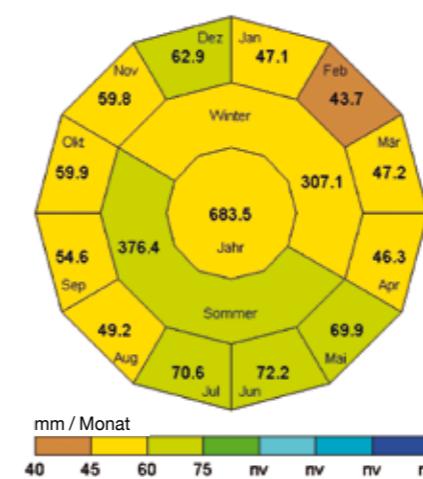


Abb. 7.1:  
Ringdiagramme des  
Niederschlags (Monate,  
Halbjahre, Jahr) – Vergleich  
der Zeitreihen 1971-2000  
zu 2021-2050

Figure 7.1:  
Graphique en anneau  
des précipitations (mois,  
semestres, année) –  
comparaison  
des chroniques 1971-2000  
et 2021-2050

Länder de Bavière, de Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat et à élaborer des recommandations d'action [6]. De ces études à grande échelle, des résultats sont extraits pour l'espace de Bad Bergzabern- Wissembourg.

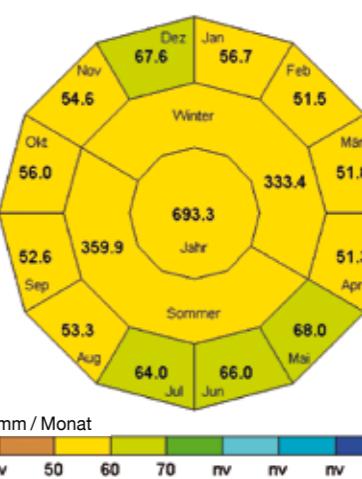
Parmi les paramètres du bilan hydrique, celui de la recharge diffuse est particulièrement important. L'alimentation en eau en Allemagne du sud repose majoritairement sur l'exploitation des ressources naturelles. Les éventuels changements du taux de recharge dus au changement climatique ne restent donc pas sans conséquences sur la sécurité d'approvisionnement et l'exploitation durable des ressources.

Les données des scénarios du modèle climatique WettReg 2006 ont servi de base au modèle de bilan hydrique du sol GWN-BW et au calcul des composantes du bilan hydrique pour le scénario « Avenir proche 2021-2050 ».

Le secteur d'alimentation Bad-Bergzabern-Wissembourg se situe dans la région aquifère constituée par la partie nord du Fossé rhénan supérieur (sédiments quaternaires et plio-cènes). Les résultats de la simulation du bilan hydrique du sol permettent de prévoir les changements suivants au niveau des composantes du bilan hydrique pour „l'Avenir proche 2021-2050“ en comparaison à la chronique 1971-2000 :

D'après les prévisions, les cumuls annuels des précipitations augmenteront légèrement (environ 10 mm), le semestre d'hiver enregistrant une augmentation de 26 mm et le semestre d'été une baisse de 16 mm (figure 7.1).

Niederschlag  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B. Szenarien 2021-2050



Die Verdunstung wird in der Jahressumme, auf Grund des höheren Niederschlags, ebenfalls leicht zunehmen (rd. 15 mm), wobei die Verdunstung im Sommerhalbjahr etwa gleich bleibt und die Erhöhung nur das Winterhalbjahr betrifft (Abb. 7.2).

Verdunstung  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B homogen. Reihen 1971-2000

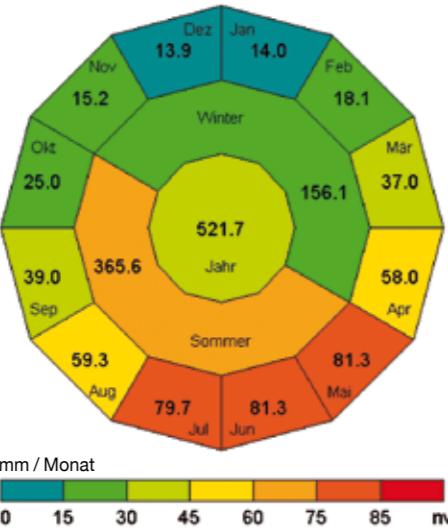
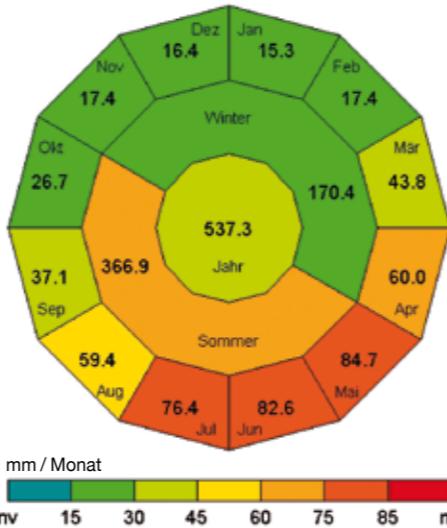


Abb. 7.2:  
Ringdiagramme der Verdunstung (Monate, Halbjahre, Jahr) – Vergleich der Zeitreihen 1971-2000 zu 2021-2050  
Figure 7.2:  
Graphiques circulaires de l'évaporation (mois, semestres, année) – comparaison des chroniques 1971-2000 et 2021-2050

En raison des précipitations accrues, le cumul annuel de l'évaporation augmentera lui aussi légèrement (environ 15 mm), l'évaporation au cours du semestre d'été restant quasiment constante et l'augmentation ne concernant que le semestre d'hiver (figure 7.2).

Verdunstung  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B. szenarien 2021-2050



Le **Gesamtabfluss** ist die Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung. Der Vergleich der beiden Zeitperioden zeigt, dass der Gesamtabfluss im Jahr um rd. 5 mm abnimmt, im Sommer um rd. 12 mm weniger und im Winterhalbjahr um rd. 7 mm mehr Gesamtabfluss (Abb. 7.3).

Gesamtabflussbildung  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B homogen. Reihen 1971-2000

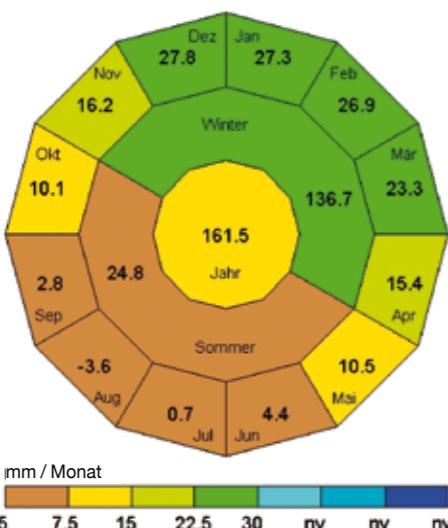
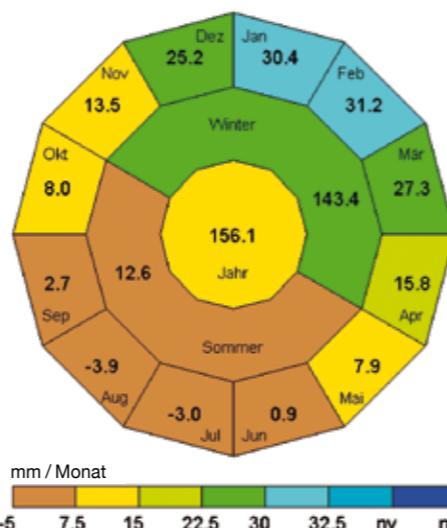


Abb. 7.3:  
Ringdiagramme des Gesamtabflusses (Monate, Halbjahre, Jahr) – Vergleich der Zeitreihen 1971-2000 zu 2021-2050  
Figure 7.3:  
Graphiques circulaires du débit total (mois, semestres, année) – comparaison des chroniques 1971-2000 et 2021-2050

Gesamabflussbildung  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B. Szenarien 2021-2050



mm / Monat  
-5 7.5 15 22.5 30 nv nv nv

Für den Zeitraum 1971-2000 wurde die **Grundwasserneubildung** mit 103 mm/a in der Grundwasserlandschaft nördlicher Oberrheingraben berechnet, für den Szenariozeitraum 2021-2050 mit rd. 98 mm/a. Die Reduzierung der Grundwasserneubildung um rechnerisch 5 mm/a ist in dieser Grundwasserlandschaft nur marginal und wird sich auf die Speicherbevorratung in den mächtigen Grundwasserleitern aus heutiger Sicht kaum auswirken.

Für die Wasserversorgung und die Landwirtschaft ist vom besonderen Interesse, ob zukünftig im Sommerhalbjahr mit länger anhaltenden Warm- und Trockenperioden zu rechnen ist. In einer Sonderauswertung wurde mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell die Veränderung des **Trockenheitsindex** (TI) ermittelt.

Der **Trockenheitsindex** beschreibt den mittleren Füllungszustand des Bodenwasserspeichers und ist ein Indikator für die Wasserverfügbarkeit im Boden. Als Schwellenwert wurde eine 30%ige Füllung des Bodenwasserspeichers (bezogen auf die nutzbare Feldkapazität nFKWE) definiert.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass der Schwellenwert im Zeitraum 1971-2000 an rd. 61 Tagen und im Szenariozeitraum 2021-2050 an rd. 71 Tagen unterschritten wird (Abb. 7.4), d.h. das zusätzlich an weiteren 10 Tagen im Jahr die Grundwasservorräte stärker beansprucht werden und die Wasserversorgung zusätzliche Bedarfsspitzen abdecken muss. Auch muss damit gerechnet werden, dass es in der Zukunft zu einem Anstieg des Beregnungsbedarfs in den Beregnungsgebieten in einer Größenordnung von bis zu 20% kommen kann.

Trockenheitsindex  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B homogen. Reihen 1971-2000

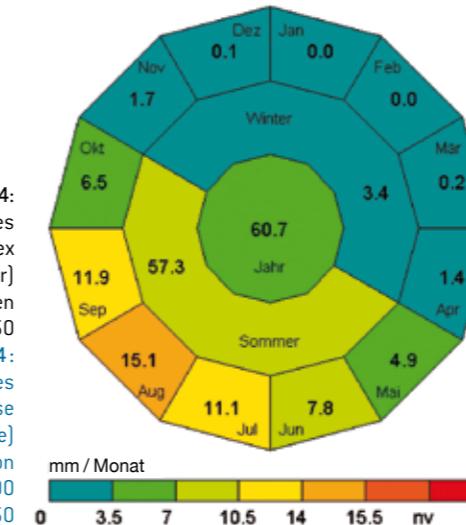


Abb. 7.4:  
Ringdiagramme des Trockenheitsindex (Monate, Halbjahre, Jahr) – Vergleich der Zeitreihen 1971-2000 zu 2021-2050  
Figure 7.4:  
Graphiques circulaires de l'indice de sécheresse (mois, semestres, année) – comparaison des chroniques 1971-2000 et 2021-2050

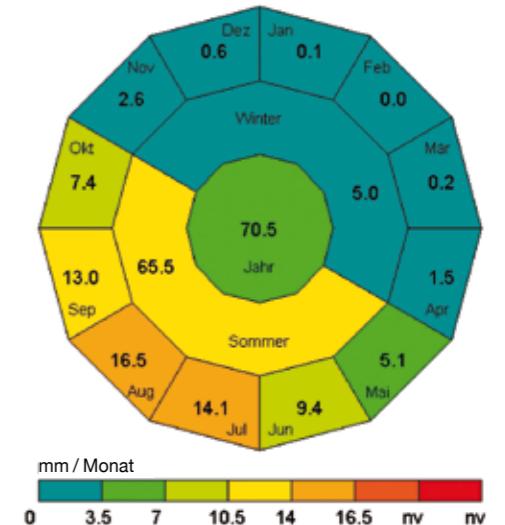
Pour la période de 1971-2000, la **recharge de la nappe** a été calculée à partir de 103 mm/an pour l'aquifère dans la partie nord du Fossé rhénan supérieur, et pour la période du scénario 2021-2050 à partir de 98 mm/an. La baisse de la recharge d'environ 5 mm/an d'après les calculs, n'est que marginale dans l'espace considéré et ne se répercute guère, du point de vue actuel, sur l'emmagasinement dans les puissants aquifères.

Pour ce qui concerne l'alimentation en eau et l'agriculture, il est particulièrement important de connaître la probabilité de l'occurrence future de périodes prolongées de chaleur et de sécheresse durant les mois d'été. Dans une interprétation isolée, le changement de l'**indice de sécheresse** (TI) a été déterminé à l'aide du modèle du bilan hydrique du sol.

L'**indice de sécheresse** décrit l'état de remplissage moyen des réserves en eau du sol. C'est un indicateur de la disponibilité de l'eau dans le sol. Un remplissage de 30 % des réserves en eau du sol a été défini comme valeur seuil (rapporté à la réserve utile RU).

En conclusion, il convient de retenir que les valeurs relevées sont inférieures à la valeur seuil durant 61 jours environ dans la période 1971-2000 et durant 71 jours environ dans la période du scénario 2021-2050 (figure 7.4). Ainsi, la nappe sera sollicitée davantage pendant 10 jours supplémentaires dans l'année et des pointes de consommation supplémentaires devront être couvertes. Il faudra également s'attendre, à l'avenir, à une augmentation des besoins d'irrigation de l'ordre de 20 %.

Trockenheitsindex  
Nördlicher Oberrheingraben  
ECHAM5/A1B. Szenarien 2021-2050



## 8. Ausblick Perspectives

Die Untersuchungen zeigen, dass im angestrebten länderübergreifenden Wasserversorgungsverbund auch mittel- und langfristig eine nachhaltige Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Stadtwerke Bad Bergzabern, der Verbundsgemeindewerke Bad Bergzabern und der Stadt Wissembourg erzielt werden kann, wenn

- das Quellwasser auch zukünftig verfügbar bleibt und genutzt wird, denn rd. 70 % des Trinkwasserbedarfs im Untersuchungsraum wird durch Quellwasser abgedeckt. Hierfür müssen die Wasserversorger ihre Quellwasservorkommen langfristig sichern und ggf. die Versorgungstechnik und Trinkwasser-aufbereitung verbessern.
- das Grundwasser aus den untersuchten Grundwasserleitern nachhaltig entnommen und im Verbundsystem wirtschaftlich verteilt wird.
- die Verluste in den Verteilersystemen minimiert werden.
- die vorgeschlagenen technischen Maßnahmen (Handlungsempfehlungen) realisiert und der Verbund zwischen den Verbundgemeindewerken Bad Bergzabern (WW Steinfeld) und den Stadtwerken Bad Bergzabern verwirklicht werden.
- durch weitere Optimierung der Verteilungstechnik zwischen den eigenen Gewinnungsanlagen der Stadt Wissembourg und den Verbundwasserlieferanten Syndicat Mixte sowie dem Zweckverband Wissembourg - Bad Bergzabern, der gegenseitige Trinkwasseraustausch gewährleistet wird.

Es besteht dann ein leistungsfähiger Gesamtverbund für eine gegenseitige Belieferung von einwandfreiem Trinkwasser zur Deckung des täglichen Bedarfes und eine Absicherung gegen Notfälle in einzelnen Versorgungsbereichen oder zur Spitzenabdeckung in Trockenzeiten.

Die kontinuierliche Überwachung der Grundwasserleiter durch ein Monitoringmessnetz ist für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung unverzichtbar, insofern ist das bestehende Überwachungsprogramm fortzuführen.

Mit dem vorliegenden „Länderübergreifenden Wasserversorgungskonzept Südpfalz/Nordelsass 2008-2030“ ist die fachliche Grundlage für eine Nachhaltige Trinkwasserversorgung im

Les études montrent qu'il est possible, pour le réseau d'interconnexion transfrontalier, de garantir l'alimentation en eau à moyen et à long terme des Stadtwerke Bad Bergzabern, des Verbundgemeindewerke Bad Bergzabern et de la ville de Wissembourg, à condition que

- l'eau des sources soit toujours disponible et exploitée car 70 % des besoins en eau potable dans l'espace étudié sont couverts par l'eau de source. Dans cette perspective, les gestionnaires doivent sécuriser le débit de leurs sources à long terme et améliorer, le cas échéant, la technique d'alimentation et de traitement;
- l'eau des différents aquifères étudiés soit prélevée durablement et distribuée de manière économique dans le système d'interconnexion;
- les pertes dans les systèmes de distribution soient minimisées;
- les mesures techniques préconisées (recommendations d'action) soient mises en œuvre et l'interconnexion des Verbundgemeindewerke Bad Bergzabern (WW Steinfeld) et des Stadtwerke Bad Bergzabern réalisée;
- l'approvisionnement réciproque en eau potable soit garantie en optimisant la technique de distribution entre les captages propres à la ville de Wissembourg et le Syndicat Mixte ainsi que le Göz Wissembourg - Bad Bergzabern.

Nous disposerons alors d'un réseau global d'interconnexion performant pour garantir une alimentation réciproque en eau potable de qualité irréprochable, destinée à couvrir les besoins journaliers et en cas d'urgence dans les différents secteurs desservis ou pour faire face à des consommations de pointe en période de sécheresse.

Le suivi piézométrique des aquifères par un réseau de monitoring est indispensable pour une gestion durable des ressources. Le programme de monitoring existant doit donc être poursuivi.

La présente étude «Gestion transfrontalière de l'alimentation en eau Palatinat du Sud / Alsace du Nord 2008-2030» constitue la base technique pour une alimentation en eau durable dans la zone d'étude. En résumé, les études sur les besoins en eau potable et la couverture de ces besoins pour le scénario 2030 montrent

Untersuchungsraum geschaffen. Zusammenfassend zeigen die Untersuchungen zu Trinkwasserbedarf und -deckung für das Szenario 2030, dass unter bestimmten Voraussetzungen und mit entsprechenden technischen Maßnahmen und Steuerungsmechanismen eine nachhaltige Gewinnung und Versorgung möglich ist.

Maßgebliche Voraussetzung für die langfristige Trinkwassersicherstellung ist die gemeinsame Bewirtschaftung der Trinkwasservorkommen durch die drei Wasserversorgungsträger, u. a. durch die gegenseitige Trinkwasserbelieferung über Verbundleitungen sowie der Bezug von außerhalb. Das vorliegende Konzept bietet damit die notwendige Flexibilität, um auf unvorhersehbare Ereignisse wie z. B. Ausfall von Gewinnungsanlagen oder Deckung von Bedarfsspitzen reagieren zu können.

Mit dem vorliegenden Wasserversorgungskonzept haben die politisch Verantwortlichen, die Aufsichtsbehörden sowie die Wasserversorger ein richtungsweisendes Instrument an der hand, die Wassergewinnung und -verteilung für die nächsten Jahrzehnte nachhaltig zu sichern. Das Konzept stellt den aktuellen Wissensstand dar und lässt künftige Anpassungen zu.

que sous certaines conditions et en mettant en place des mesures techniques et mécanismes de contrôle appropriés, une exploitation durable est possible.

La condition déterminante pour une alimentation en eau durable tient à l'exploitation commune des ressources par les trois gestionnaires, entre autres par un approvisionnement réciproque via les conduits d'interconnexion et un apport extérieur. Le présent concept fournit la flexibilité nécessaire pour faire face à des évènements imprévisibles, tels que la défaillance de stations de captage ou la couverture de pics de consommation.

Avec le présent concept de gestion de l'eau, les responsables politiques, les autorités de contrôle et les distributeurs d'eau disposent d'un outil qui ouvre la voie pour une exploitation et une distribution durables dans les prochaines décennies. Il représente l'état actuel des connaissances et autorise les futures adaptations.

## 9. Literatur Bibliographie

[1] GRENZÜBERSCHREITENDE VERBUND-WASSERVERSORGUNG  
VERBANDSGEMEINDE BAD BERGZABERN,  
VILLE DE WISSEMBOURG (2001) –  
*Interreg II. Etudes hydrogéologiques  
qualitatives et quantitatives des ressources  
en eaux profondes de la forêt du Bienwald.  
Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche  
Untersuchungen des tieferen Grundwasser-  
vorkommens im Bienwald.* 1999/2001.

[2] HGK (1988) – *Hydrogeologische  
Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung  
im Raum Karlsruhe-Speyer. Analyse des Ist-  
Zustandes, Aufbau eines mathematischen  
GrundwassermodeLLs.*  
Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg,  
Ministerium für Umwelt und Gesundheit  
Rheinland-Pfalz, Stuttgart-Mainz.

[3] HGK (2007) – *Hydrogeologische  
Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung  
im Raum Karlsruhe-Speyer. Fortschreibung  
1986-2005, Beschreibung der geologischen,  
hydrogeologischen und hydrologischen  
Situation. Umweltministerium Baden-  
Württemberg, Ministerium für Umwelt, Forsten  
und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz,  
Stuttgart-Mainz.*

[4] KLOPPMANN W. (2000) –  
*Caractérisation géochimique et isotopique  
des eaux du Pliocène de Wissembourg/  
Bad Bergzabern.  
Geochemische und isotopenchemische  
Charakterisierung der Grundwässer des Pliozäns  
von Wissembourg/Bad Bergzabern.*  
Rapport BRGM RP-50432-FR, Orléans.

[5] SCHOMBURGK, S. (2000) - *Modellierung  
und Bilanzierung des grenzüberschreitenden  
pliozänen Aquifers im Raum Bad Bergzabern  
und Wissembourg. Modélisation et bilan des  
ressources en eau de l'aquifère transfrontalier  
du Pliocène dans la région de Bad Bergzabern  
et Wissembourg.* Diplomarbeit, Rheinisch-  
Westfälische Technische Hochschule Aachen,  
Aachen, 2000, 86 p.

[6] Projekt- KLIWA: Kooperationsvorhabender  
Wasserwirtschaftsverwaltungen von  
Rheinland-Pfalz, Baden- Württemberg, Bayern  
und dem Deutschen Wetterdienst.  
[www.kliwa.de](http://www.kliwa.de)