



*mgw*

# Revitalisierung urbaner Flusslandschaften

Schlussbericht zum MGU-  
Forschungsprojekt F1.03

2003 – 2005





Christoph Wüthrich · Peter Huggenberger  
Heike Freiberger · Urs Geissbühler · Christian Regli · Oliver Stucki

# Revitalisierung urbaner Flusslandschaften

Schlussbericht zum MGU-  
Forschungsprojekt F1.03  
2003 – 2005

Geographisches Institut  
Institut für Geologie und Paläontologie



*Titelbild*

*Der Quellsee im Naherholungsgebiet der Brüglinger Ebene (20.2.2005). (Photo: O. Stucki)*

*Rückseite grosses Bild*

*Natürliche Strukturen am Étang U in der Petite Camargue Alsacienne (31.5.2005). (Photo: U. Geissbühler)*

*Rückseite kleine Bilder*

*Revitalisierung der Birs im urbanen Raum (2.9.2003). (Photos: O. Stucki)*

**Impressum**

**MGU-Forschungsprojekt:**

Revitalisierung urbaner Flusslandschaften (F1.03; 2003 – 2005)

**Projektleitung:**

Dr. Christoph Wüthrich, Geographisches Institut, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel

Prof. Dr. Peter Huggenberger, Institut für Geologie und Paläontologie, Bernoullistrasse 32, CH-4056 Basel

**Wissenschaftliche MitarbeiterInnen:**

Lic. phil. Heike Freiberger (Sozialgeographie), Dipl. geogr. Urs Geissbühler (Physiogeographie), Dr. Christian Regli (Hydrogeologie), Dipl. geogr. Oliver Stucki (Physiogeographie)

**Layout und Redaktion:**

Dipl. geogr. Oliver Stucki

**Auflage:**

250 Exemplare

**Druck:**

Basler Druck+Verlag AG, bdv, Kirschgartenstrasse 5, CH-4010 Basel

**Zitervorschlag:**

Wüthrich C., Huggenberger P., Freiberger H., Geissbühler U., Regli C. & Stucki O. 2006. Revitalisierung urbaner Flusslandschaften. Schlussbericht zum MGU-Forschungsprojekt F1.03, Universität Basel, 1-83.

**Bezugsadresse:**

Universität Basel, Geographisches Institut, Bibliothek, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel

**Preis:**

CHF 20.-

## Vorwort

Urbane Räume sind durch eine enorme anthropogene Nutzungsdichte geprägt. Flüsse und Flusslandschaften, die solche Räume queren, wurden früher wie heute konsequent den menschlichen Aktivitäten unterworfen und entsprechend angepasst. Seit einiger Zeit werden vermehrt Projekte umgesetzt, die diese Räume natürlicher gestalten (z.B. Wiese-Revitalisierung, Stellmatten-Projekt, BirsVital). Nach einem neuen gesellschaftlichen Konsens werden verstärkt die Erholungsnutzung und die Nachhaltigkeit in den Vordergrund gestellt. Gerade Revitalisierungsprojekte in Stadtnähe stossen jedoch oft auf Zielkonflikte, z.B. zwischen den Bedürfnissen des Naturschutzes und der Erholungsnutzung oder zwischen dem Streben nach verbesserter horizontaler und vertikaler Durchlässigkeit (Konnektivität) und den Ansprüchen des Grundwasserschutzes. Die Gebote der nachhaltigen Nutzung lassen vermuten, dass im Rahmen eines modernen Flusslandschaftsmanagements das natürliche Selbstreinigungspotenzial der Natur optimal genutzt werden sollte. Dem widersprechen aber häufig die vorhandenen Bedenken seitens des Grundwasserschutzes oder seitens der beteiligten Nutzergruppen der städtischen Flussebenen. Leider liegen gerade für urbane Räume zu wenig gesicherte Revitalisierungsstudien vor, die auf eine chemisch-physikalische und gesellschaftliche Optimierung abzielen.

In zwei MGU-Projekten F2.00 und F1.03 wurde im Zeitraum 2000-2002 und 2003-2005 untersucht, unter welchen Voraussetzungen und Randbedingungen eine Wiederbelebung der natürlichen Auenlandschaften möglich wäre und wie dabei die Anforderung an eine Trinkwassergewinnung eingehalten bzw. die Interessen von Naherholungssuchenden berücksichtigt werden können. Nachdem der erste Schlussbericht publiziert wurde (Wüthrich, Huggenberger & Gurtner-Zimmermann 2003), der sich v.a. auf die konkreten Ergebnisse des Stellmatten-Projektes (Überflutung einer naturnahen Versickerungsfläche mit Wiesewasser in der Grundwasserschutzzone S1) abstützte, liegt hiermit nun ein zweiter Bericht vor, der sich mit den anderen Bereichen urbaner Gewässerlandschaften (ganze Wieseebene, Birs, Brüglinger Seenlandschaft, Petite Camargue Alsacienne und Säckinger Bergsee) befasst und sowohl auf die chemisch-physikalischen und ökologischen wie auch auf die gesellschaftlichen Aspekte eines nachhaltigen Gewässerlandschaftsmanagements abzielt. Dabei wurden die bereits im Vorprojekt angeschnittenen Themen vertieft. Die gewonnenen Resultate zeigen auf, was möglich wäre, wenn der politische Wille dafür gefunden wird. Wesentlich scheint uns, dass die verschiedenen Parteien abrücken von der Verteidigung von Einzelinteressen bzw. Verbandsinteressen. Dies bedingt jedoch eindeutige und klare politische Vorgaben. Wir hoffen, dass dieser Bericht eine ähnliche Wirkung entfacht wie bereits sein Vorgänger, denn es ist weit mehr möglich, als viele vermuten. Die Veränderungen müssen in den Köpfen stattfinden ...

Basel, im März 2006

Christoph Wüthrich

(Projektverantwortlicher MGU F1.03)

## **Danksagung**

In erster Linie danken wir der Stiftung Mensch-Gesellschaft-Umwelt (heute Programm MGU), die das Projekt durch Deckung der Forschungskosten weitgehend finanzierte. MGU, insbesondere die ExpertInnenkommission und die immer hilfsbereiten Verantwortlichen der Koordinationsstelle, gaben auch den Anstoss für die Verankerung des Projektes bei den Behörden. Die ExpertInnenkommission war uns zudem durch die stete, kritische Begleitung des Projektes immer ein Ansporn, nicht nur den Einzelfragen auf den Grund zu gehen, sondern stets das Gesamtergebnis im Auge zu behalten.

Weiter danken wir den Verantwortlichen der Genossenschaft Migros Basel für die Möglichkeit, auf dem Gelände des Parks „Im Grünen“ verschiedene Untersuchungen und Befragungen durchzuführen, der Association und der Forschungskommission Petite Camargue Alsacienne für die konstruktive Zusammenarbeit und die wohlwollende Begleitung unserer Untersuchungen, sowie zahlreichen Basler und Basellandschaftlicher Institutionen (Landschaftspfleger der Stiftung Park „Im Grünen“, Tief- und Wasserbauämter, Amt für Umwelt und Energie BS und BL, Hochbau- und Planungsämter, Stadtgärtnerei, Tychgenossenschaft, etc.) für die Kooperationsbereitschaft und die zahlreichen Hilfeleistungen im Rahmen dieses Projektes.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>iii</b>
<b>Danksagung</b>	<b>iv</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>viii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>ix</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>x</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage, Thema und Ziel des Projektes	1
1.1.1 Ausgangslage	1
1.1.2 Problemstellung	1
1.1.3 Projektziele	1
1.2 Naturwissenschaftliche Fragen des Projektes	2
1.3 Sozialwissenschaftliche Fragen des Projektes	2
<b>2 Untersuchungsgebiete</b>	<b>5</b>
2.1 Die Birs	5
2.2 Die Brüglinger Ebene	6
2.2.1 Das Pflanzenklärgebiet	7
2.2.2 Der Quellsee	8
2.3 Die Petite Camargue Alsacienne	8
2.3.1 Der Étang U	9
2.3.2 Das Grand Marais	10
2.4 Die Wiese	10
2.5 Die Langen Erlen	11
2.6 Der Bergsee von Bad Säckingen	11
2.7 Zitierte Literatur	12
<b>3 Selbstreinigungsleistung urbaner Flusslandschaften</b>	<b>17</b>
3.1 Einleitung und Methoden	17
3.1.1 Ausgangslage	17
3.1.2 Methodik zur Erfassung der Reinigungsleistung	18
3.1.3 Weitere physisch-geographische Untersuchungen im Überblick	19
3.2 Ausgewählte Resultate	20
3.2.1 Pflanzenklärgebiet und Quellsee in der Brüglinger Ebene	20
3.2.1.1 Sauerstoff	20
3.2.1.2 Leitfähigkeit	21
3.2.1.3 Nitrat und Ammonium	21
3.2.1.4 Ortho-Phosphat	23
3.2.1.5 Bakteriologie	24
3.2.1.6 Trübung	25
3.2.1.7 Übrige Parameter (DOC, UV-Extinktion, pH, Sulfat- und Chloridkonzentration)	26
3.2.2 Étang U in der Petite Camargue Alsacienne	27
3.2.2.1 Sauerstoff	27
3.2.2.2 Leitfähigkeit	27
3.2.2.3 Nitrat und Ammonium	28
3.2.2.4 Ortho-Phosphat	30
3.2.2.5 Bakteriologie	30

3.2.2.6	Trübung	31
3.2.2.7	Übrige Parameter (DOC, UV-Extinktion, pH, Sulfat- und Chloridkonzentration)	32
3.2.3	Grand Marais in der Petite Camargue Alsacienne	32
3.2.3.1	Sauerstoff	32
3.2.3.2	Leitfähigkeit	33
3.2.3.3	Nitrat und Ammonium	33
3.2.3.4	Ortho-Phosphat	34
3.2.3.5	Bakteriologie	35
3.2.3.6	Trübung	35
3.2.3.7	Übrige Parameter (DOC, UV-Extinktion, pH, Sulfat- und Chloridkonzentration)	36
3.3	Reinigungspotenzial urbaner Flusslandschaften	36
3.3.1	Nitrat und Ammonium	36
3.3.2	Ortho-Phosphat	37
3.3.3	Sauerstoff und Leitfähigkeit	38
3.3.4	Schwebstoffe und Bakteriologie	38
3.3.5	Übrige Parameter	39
3.3.6	Zusammenfassende Übersicht über die Veränderungen	39
3.4	Fazit und Ausblick	41
3.5	Zitierte Literatur	42
<b>4</b>	<b>Entwicklung nachhaltiger Strategien für den Grundwasserschutz</b>	<b>47</b>
4.1	Einleitung	47
4.2	Hydrogeologisch-planerische Schutzkonzepte	49
4.2.1	Rechtliche Aspekte	49
4.2.2	Grenzen hydrogeologisch-planerischer Schutzkonzepte	50
4.2.2.1	Schützende Deckschicht	50
4.2.2.2	Grundwasseraufenthaltszeit	50
4.2.2.3	Trennung von Fluss und Grundwasser	52
4.3	Prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept	52
4.4	Konzeptionelles Beispiel	54
4.4.1	Markierversuche	55
4.4.2	Partikelanalysen	56
4.4.3	Modellszenarien	57
4.4.3.1	Ist-Zustand Lange Erlen	57
4.4.3.2	Revitalisierungsszenario	57
4.5	Schlussfolgerungen	59
4.6	Zitierte Literatur	60
<b>5</b>	<b>Akzeptanz naturnaher Gewässerlandschaften in der Stadt</b>	<b>65</b>
5.1	Einleitung	65
5.1.1	Flusslauf der Birs	65
5.1.2	Park „Im Grünen“	66
5.1.3	Bergsee in Bad Säckingen	66
5.2	Die sozialgeographischen Untersuchungen im Überblick	66
5.2.1	Schriftliche Befragungen der Anwohnenden beidseits der Birs	66
5.2.2	Mündliche Befragungen der Besucher der Brüglinger Ebene	67
5.2.3	Befragung der Besucher des Bergsees	68
5.3	Ergebnisse und Diskussion zum sozialgeographischen Teil des Projektes	68
5.3.1	Revitalisierter Unterlauf der Birs	68
5.3.1.1	Ergebnisse und Häufigkeitsauswertungen der Befragungen	68
5.3.1.2	Nutzung des Birsufers	68
5.3.1.3	Meinung zum bisherigen Birsufer	68
5.3.1.4	Information und Interesse an den Bauarbeiten	69
5.3.1.5	Einschätzung der Revitalisierung	70
5.3.1.6	Diskussion der Ergebnisse zur Birs-Revitalisierung	72
5.3.2	Beliebtheit des Park „Im Grünen“ (Brüglinger Ebene)	72
5.3.2.1	Ergebnisse und Häufigkeitsauswertungen der beiden Befragungen	72

---

5.3.2.2	Gefallen/Missfallen	72
5.3.2.3	Einschätzung Seen	73
5.3.2.4	Naturwahrnehmung	73
5.3.2.5	Bedeutung des Gebiets	73
5.3.2.6	Passantenzählung	74
5.3.2.7	Diskussion der Ergebnisse zur Gestaltung der Brüglinger Ebene	74
5.3.3	Erholungsfunktion des Säckinger Bergsees	75
5.3.3.1	Ergebnisse und Häufigkeitsauswertungen der Befragung	75
5.3.3.2	Gefallen und Missfallen	75
5.3.3.3	Das revitalisierte Uferstück	76
5.3.3.4	Wasserqualität	77
5.3.3.5	Diskussion der Ergebnisse zur Gestaltung des Bergseeufers	77
5.4	Schlussfolgerungen und Ausblick zur Akzeptanz naturnaher Gewässerlandschaften in der Stadt	77
5.5	Zitierte Literatur	80
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>81</b>
	<b>Publikationen im Rahmen des Projektes</b>	<b>83</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Übersicht über die wichtigsten Fließgewässer und die Siedlungsflächen der Trinationalen Agglomeration Basel.....	6
Abb. 2.2 Übersicht über die Gewässer des Parks „Im Grünen“ in der südlichen Brüglinger Ebene. ....	7
Abb. 2.3 Übersicht über die heutigen Gewässer in der PCA. ....	9
Abb. 3.1 Übersicht Sauerstoffgehalte von Januar 2003 bis August 2005 (Brüglinger Ebene). ....	20
Abb. 3.2 Übersicht der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von Januar 2003 bis August 2005 (Brüglinger Ebene)..	21
Abb. 3.3 Übersicht Nitratkonzentration von Januar 2003 bis August 2005 und prozentuale Zu- oder Abnahme (Brüglinger Ebene). ....	22
Abb. 3.4 Übersicht Ammoniumkonzentration von Januar 2003 bis August 2005 und prozentuale Zu- oder Abnahme (Brüglinger Ebene). ....	23
Abb. 3.5 Übersicht Ortho-Phosphatkonzentration von Januar 2003 bis August 2005 und prozentuale Zu- oder Abnahme (Brüglinger Ebene). ....	24
Abb. 3.6 Die Zusammenfassung aller Daten bezüglich bakterieller Belastung zeigt eine eindeutige Keimabnahme mit der Fließstrecke durch das Pflanzenklärgelände, die Reduktion im Quellsee ist jedoch viel ausgeprägter. ....	25
Abb. 3.7 Anzahl <i>E.coli</i> -Kolonien im Teichbächlein, nach Durchfluss durch das Pflanzenklärgelände und nach der Seepassage (monatliche Schöpfproben) mit Aufteilung in Sommer und Winter. ....	25
Abb. 3.8 Während des Experimentes „Trübungswelle“ wurde vor und nach der Passage durch das Pflanzenklärgelände die Trübung mittels zweier Sonden permanent aufgezeichnet. ....	26
Abb. 3.9 Übersicht der Sauerstoffgehalte von Januar bis Dezember 2005 im Étang U. ....	27
Abb. 3.10 Übersicht der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von Januar bis Dezember 2005 im Étang U. ....	28
Abb. 3.11 Nitratkonzentration und deren Veränderung im Étang U im Jahresverlauf. ....	29
Abb. 3.12 Nitrat- und Ammoniumkonzentration im Étang U im Jahresverlauf. ....	29
Abb. 3.13 Ortho-Phosphatkonzentration und deren Veränderung im Étang U im Jahresverlauf. ....	30
Abb. 3.14 Die Zusammenfassung der monatlichen Schöpfproben im 2005 bezüglich bakterieller Belastung zeigt eine sehr deutliche Keimabnahme mit der Fließstrecke durch den Étang U. ....	30
Abb. 3.15 Anzahl koloniebildender Einheiten von <i>E.coli</i> -Bakterien und deren Abnahme im Étang U im Jahresverlauf. ....	31
Abb. 3.16 Trübung im Jahresverlauf von Januar bis Dezember 2005 im Étang U. ....	31
Abb. 3.17 Übersicht der Sauerstoffgehalte von Januar bis Dezember 2005 im Grand Marais. ....	32
Abb. 3.18 Übersicht der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von Januar bis Dezember 2005 im Grand Marais. ....	33
Abb. 3.19 Nitratkonzentration und deren Abnahme im Grand Marais im Jahresverlauf. ....	34
Abb. 3.20 Phosphatkonzentration und deren Abnahme im Grand Marais im Jahresverlauf. ....	34
Abb. 3.21 Die Zusammenfassung der monatlichen Schöpfproben im 2005 bezüglich bakterieller Belastung zeigt eine sehr deutliche Keimabnahme mit der Fließstrecke durch das Grand Marais. ....	35
Abb. 3.22 Anzahl koloniebildender Einheiten von <i>E.coli</i> -Bakterien und deren Abnahme im Grand Marais im Jahresverlauf. ....	35
Abb. 3.23 Übersicht der Trübung von Januar bis Dezember 2005 im Grand Marais. ....	36
Abb. 3.24 Zusammenfassender Vergleich der wichtigsten Wasserqualitätsparameter im Gewässersystem der Brüglinger Ebene (aus den monatlichen Mittelwerten der Schöpfproben gemittelte Jahresmittelwerte). ....	40
Abb. 3.25 Zusammenfassender Vergleich der wichtigsten Wasserqualitätsparameter im Gewässersystem der PCA (Jahresmittelwerte). ....	40
Abb. 4.1 Verflechtung wasserwirtschaftlicher Tätigkeiten beim Interessenkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung und konzeptioneller Lösungsansatz. ....	48
Abb. 4.2 Änderung des hydraulischen Anschlusses zwischen dem Grundwasser und dem Fluss Wiese während einem mittleren Hochwasser. ....	51

Abb. 4.3 Konzeptionelles Diagramm der Anforderungen eines prozessbasierten und qualitätsorientierten Schutzkonzepts zur Beurteilung von Revitalisierungsvorhaben. ....	53
Abb. 4.4 Schematische Darstellung der hydrogeologischen Situation zahlreicher flussnaher Brunnen in der Schweiz. .	54
Abb. 4.5 Schematische Darstellung eines nachhaltigen Grundwasserschutzes mit Berücksichtigung der Fließgewässer, der Uferbereiche sowie der Entnahmebrunnen.....	55
Abb. 4.6 Partikelanalyse und Uranin-Durchbruchskurve zwischen Mitte und Ende März 2002 in Brunnen 3 in den Langen Erlen. ....	56
Abb. 4.7 Zehn-Tages-Anströmbereiche von Grundwasserbrunnen in den Langen Erlen zwischen Mitte März und Mitte April 2002.....	58
Abb. 5.1 & 5.2 Das Birsufer vor und nach der Revitalisierung. ....	67
Abb. 5.3 & 5.4 Was gefällt am Ufer? .....	69
Abb. 5.5 & 5.6 Wie gefiel/gefällt Ihnen die optische Gestaltung vor/nach der Revitalisierung? .....	69
Abb. 5.7 & 5.8 Wie informiert waren Sie über die Bauarbeiten? .....	70
Abb. 5.9 & 5.10 Wie empfinden/empfanden Sie die Bauarbeiten an der Birs?.....	70
Abb. 5.11 & 5.12 Sollten auch andere Flüsse revitalisiert werden? .....	71
Abb. 5.13 & 5.14 Welche Meinung haben Sie zu den Veränderungen?.....	71
Abb. 5.15 & 5.16 Wie beurteilen Sie die Revitalisierung?.....	71
Abb. 5.17 Würden Sie bei heutigem Wissen einer Revitalisierung noch einmal zustimmen? .....	72
Abb. 5.18 & 5.19 Wie gefallen Ihnen die Seen im Park? Welcher See gefällt besser? .....	73
Abb. 5.20 & 5.21 Was gefällt am See?.....	73
Abb. 5.22 Passantenzählung im Park „Im Grünen“ vom 29. September 2004. ....	74
Abb. 5.23 Was gefällt Ihnen besonders am Bergsee?.....	75
Abb. 5.24 & 5.25 Im linken Bild ist die Ufermauer zu sehen, wie sie auch heute noch teilweise besteht. Das rechte Bild zeigt den revitalisierten Uferbereich, bei dem das Wasser durch ein strandartiges, flach abfallendes Ufer zugänglich ist. ....	76
Abb. 5.26 Welche Meinung haben Sie zur Uferveränderung? .....	76
Abb. 5.27 Könnten Sie sich ein grösseres Schilfgebiet im See vorstellen? .....	76
Abb. 5.28 Bemerken Sie Veränderungen in der Wasserqualität? .....	77

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1 Hochwasser der Wiese.....	10
Tab. 4.1 Resultate der Markierversuche vom März 2002 und Januar 2004 in der Wiese bei Basel. ....	51

## Abkürzungsverzeichnis

AMK:	Aerobe mesophile Keime
AT:	St. Alban-Teich (Brüglinger Ebene)
BAFU:	Bundesamt für Umwelt
BWG:	Bundesamt für Wasser und Geologie
CH:	Rigole (PCA), Zuleitungskanal vom Canal de Huningue in die PCA
DOC:	gelöster organischer Kohlenstoff (Dissolved Organic Carbon)
E.coli:	Escherichia coli
EU:	Étang U (PCA)
FNU:	Formazin Nephelometric Unit
IWB:	Industrielle Werke Basel
KBE:	Kolonie bildende Einheit (engl. CFU)
LHG:	Landeshydrologie, Abfluss- und Pegelstationen (früher BWG, heute BAFU)
MA:	Grand Marais (PCA)
MGU:	Mensch-Gesellschaft-Umwelt; MGU wurde ursprünglich als Stiftung geschaffen und ab 2003 als „Programm“ in die Universität Basel integriert
MV:	Markerversuch
PCA:	Petite Camargue Alsacienne
PG:	Pflanzenklärgelände (Brüglinger Ebene)
QS:	Quellsee (Brüglinger Ebene)
SAK254:	Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm (auch UV-Extinktion)
SVGW:	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
TB:	Teichbächlein (Brüglinger Ebene)
TOC:	totaler organischer Kohlenstoff (Total Organic Carbon)

# 1 Einführung

*Christoph Wüthrich und Peter Huggenberger*

## 1.1 Ausgangslage, Thema und Ziel des Projektes

### 1.1.1 Ausgangslage

Während des Projektes MGU F2.00 wurde im Gebiet der „Hinteren Stellmatten“ (Lange Erlen) ein Verfahren getestet, bei dem im Grundwasserschutzgebiet der Langen Erlen während über zwei Jahren Wiesewasser in eine naturnah gestaltete Wasserstelle der Industriellen Werke Basel (IWB) eingeleitet wurde (Stellmatten-Projekt). Obwohl selbst nach der Einleitung einer schwebstoffreichen Hochwasserwelle keine problematischen Veränderungen in den nahe gelegenen Brunnen nachgewiesen werden konnten, mussten die Untersuchungen in den „Hinteren Stellmatten“ auf Geheiss der IWB eingestellt werden. In der Folge wurde die während des Projektes durch einen Holzbohlenweg zugängliche Versickerungsfläche für Passanten geschlossen und der Informationspfad bis auf einen kleinen Abschnitt am Eingang rückgebaut. Die Bewässerung für die wegen ihrer naturnahen Verhältnisse unter Naturschutz gestellte Versickerungsfläche erfolgt seit Ende des Projektes nur noch selten und mit vorfiltriertem Rheinwasser, welches entgegen dem natürlichen Gefälle aus einer Distanz von mehreren Kilometern mit Pumpen herangeführt wird. Für die zahlreichen noch offenen Fragen des Projektes musste ein neues Forschungsgebiet gefunden werden, welches ähnliche ökologische Voraussetzungen und – falls möglich – bessere Forschungsbedingungen bot.

### 1.1.2 Problemstellung

Die Untersuchungen in den „Hinteren Stellmatten“ liessen eine ganze Reihe von Fragen offen:

- Könnten nicht doch grössere Bereiche der Wiesebene revitalisiert werden? Wenn ja, welche?
- Wie stark kann eine Vernetzung zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser verwirklicht werden, ohne den Grundwasserstrom in den Grundwasserschutzzonen zu gefährden?
- Wie effizient können oberflächliche Reinigungsprozesse das Wasser bei längeren Fließswegen in naturnahen Feuchtgebieten verändern?
- Kann ein stehendes Gewässer, welches an die Fließstrecke im natürlichen Überflutungsgebiet angehängt wird, die Wasserqualität so anheben, dass anschliessend eine unbedenkliche Verteilung des Wassers in einer Grundwasserschutzzone möglich ist?
- Wie unterscheiden sich die Reinigungsleistungen von künstlichen und sehr naturnahen Pflanzenfiltern?
- Wie reagiert die Bevölkerung auf Revitalisierungsmassnahmen in der Stadt?
- Sind Flussrevitalisierungen in städtischen Flusslandschaften politisch überhaupt realisierbar? Welche sind zukunftsfähig und für die Bevölkerung attraktiv?

### 1.1.3 Projektziele

Es wurden im Rahmen von MGU F1.03 Untersuchungen durchgeführt und Konzepte erarbeitet, die – auch bei veränderten Randbedingungen (Revitalisierung) – einer Erhöhung der landschaftlichen und biologischen Vielfalt dienen, dies bei gleichzeitiger Verbesserung des Gewässerschutzes. Die städtischen Flusslandschaften sollen dadurch naturnäher, arten- und habitatreicher, menschenfreundlicher und attraktiver gestaltet werden.

Verschiedene Möglichkeiten zur Erreichung dieser Ziele wurden im Laufe dieses Projektes untersucht und dokumentiert:

- Optimierte Anpassung der städtischen Flusslandschaften an Freizeitnutzung, Erholung und Naturschutz.
- Einsatz von Pflanzenfiltern und stehenden Gewässern (Auenseen) zur Aufbereitung von Oberflächenwasser für die Grundwasseranreicherung.
- Aufzeigen von Möglichkeiten der Veränderung von Anreicherungs- und Pumpbetrieb in bestehenden Grundwasserschutz-zonen bei veränderten Randbedingungen.
- Eruiieren von Möglichkeiten zur Verstärkung des Kontaktes zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser, wo es die Sicherheitsbedürfnisse erlauben.
- Untersuchung der Wirkung von ausgedehnten, naturnahen Überflutungsflächen auf die Wasserqualität des eingeleiteten Flusswassers.

## 1.2 Naturwissenschaftliche Fragen des Projektes

Die beiden naturwissenschaftlichen Tätigkeitsfelder des Projektes waren

- a) der Einsatz natürlicher Selbstreinigungsmechanismen zur Verbesserung der allgemeinen Gewässergüte und zur naturnäheren und artenreicheren Gestaltung urbaner Flusslandschaften (Kap. 3) und
- b) die Entwicklung nachhaltiger Strategien für den Grundwasserschutz in urbanen Flusslandschaften (Kap. 4).

Folgende Fragen wurden dabei im Laufe des Projektes mit unterschiedlichen Methoden bearbeitet:

Zu a)

- Welche stofflichen und bakteriologischen Veränderungen finden im Oberflächenwasser bei der Passage des Pflanzenfilters (Pflanzenklärgelände) in der Brüglinger Ebene statt? Können damit die offenen Fragen aus dem Stellmatten-Projekt beantwortet werden?
- Wie effizient ist die Reinigungsleistung des (künstlich erbauten) Gewässersystems in der Brüglinger Ebene? Wie viel trägt einerseits das Pflanzenklärgelände und andererseits der anschliessende Quellsee dazu bei?
- Wie gross ist die Selbstreinigungsleistung der grossflächigen, naturnahen Auenlandschaft der Petite Camargue Alsacienne?
- Welche Bedeutung haben diese beiden Gewässersysteme für die Inwertsetzung und nachhaltige Nutzung urbaner Flusslandschaften?

Zu b)

- Lassen sich Revitalisierungen von Fliessgewässern in den für die Trinkwassergewinnung genutzten Gebieten umsetzen? Wenn ja, welche Ansätze können gewählt werden, um adäquate Lösungen zu finden?
- Welche sind die konzeptuellen Anforderungen an einen wirksamen Grundwasserschutz, der sich an naturnahen Gewässerökosystemen und an geforderten Wasserqualitäten bei flusssnahen Brunnen orientiert?

## 1.3 Sozialwissenschaftliche Fragen des Projektes

Die sozialwissenschaftliche Bearbeitung erfolgte in erster Linie durch die Klärung der Frage, wie gross die Akzeptanz innerhalb einer städtischen Bevölkerung für naturnahe Gewässerlandschaften in der Stadt ist (Kap. 5) und welche Aspekte bei künftigen Revitalisierungsprojekten in urbanen Gewässerlandschaften beachtet werden sollen.

Folgende konkrete Fragen bildeten die Schwerpunkte der sozialwissenschaftlichen Untersuchungen:

- Wie gross ist die Akzeptanz für Revitalisierungsvorhaben in dicht besiedelten Gebieten?
- Steigt die Akzeptanz für Revitalisierungsvorhaben, wenn gleichzeitig Ziele für eine Aufwertung der Naherholungsfunktion angestrebt werden?
- Fördert eine umfangreiche Informationspolitik schon im Vorfeld der Massnahmen die Akzeptanz der betroffenen Bevölkerung für Revitalisierungen in Naherholungsgebieten?
- Kann ein grösseres Revitalisierungsvorhaben durch Planungsvorschläge der betroffenen Bevölkerung sowie deren Einbezug gefördert werden?
- Verändert sich die Wahrnehmung der Bevölkerung nach Abschluss der Revitalisierungsmassnahmen?



## 2 Untersuchungsgebiete

*Oliver Stucki, Urs Geissbühler und Christoph Wüthrich*

### 2.1 Die Birs

Die Birs ist der einzige grössere, rein schweizerische Jurafluss und ein Nebenfluss erster Ordnung. Ihre Quelle liegt bei Tavannes im Kanton Bern auf 762 m NN (Pierre Pertuis). Nach 73 km Fließstrecke in nordöstlicher Richtung mündet sie bei Birsfelden auf 251 m NN in den Rhein (Abb. 2.1). Das oberflächliche Einzugsgebiet umfasst rund 922 km<sup>2</sup>. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über Gebiete der Kantone Bern, Jura, Solothurn, Basel-Landschaft und Basel-Stadt sowie Frankreich, wo in 90 Gemeinden rund 170'000 Menschen leben (AUE 2004, 3).

Beim Pegel Hofmatt in Münchenstein (911 km<sup>2</sup>) beträgt der mittlere Abfluss nach BWG (2004a, 161) 15.3 m<sup>3</sup>/s (über 87 Jahre). Das Abflussregime der Birs entspricht unterhalb Laufen dem Typ jurassisch-pluvial (BWG 2004b): Die Wasserführung wird weniger von der Schneeschmelze im Frühling bestimmt, mehr jedoch von sommerlichen Gewitterniederschlägen oder Landregen (Sommerhochwasser im Juni/Juli) bzw. Warmlufteinbrüche mit Regen bei frühen Schneefällen im Jura (Winterhochwasser im November/Dezember). Die bisher höchste gemessene Abflussmenge betrug 330-350 m<sup>3</sup>/s (1973), die kleinste hingegen 0.83 m<sup>3</sup>/s (1921).

Landgewinnung und die Sicherung des Landes vor Überflutungen waren die Hauptgründe für die Korrektur im Unterlauf der Birs, mit welcher 1811 begonnen wurde und zu einer starken Reduktion der Fluss- und Uferlänge führte. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde unterhalb St. Jakob zur Verbesserung des Uferschutzes eine durchgehende Betonufermauer als Böschungsfuss erstellt. Nach dem Hochwasser von 1973, bei welchem die Birs wieder einmal ihre wahre Energie entfaltete und massive Ufer- und Sohlenerosion auftrat, wurde praktisch die gesamte Uferlänge des Unterlaufs mit Blockwurf aus Schwarzwaldgranit gesichert (Huber & Ramseier 1995). Durch die Korrektur wurde aus dem einst wilden Fluss ein kanalisierter Vorfluter mit gerader Uferlinie, einheitlichem Querschnitt (Trapez- oder Doppeltrapezprofil) und stabilen Strömungsverhältnissen (vgl. Schenker-Nay 1995; Salathé 2000; Golder 1984).

Das aus den ehemaligen Auengebieten gewonnene Land wurde als Landwirtschaftsland und für die Ansiedlung von Industriebetrieben (Wasserkraft) genutzt, in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verstärkt für Verkehrswege und später auch als Siedlungsgebiet. Auf den Niederterrassenflächen beiderseits der Birs präsentiert sich das Birseck heute als „Bandsiedlung“. Die (ehemalige) Flussebene ist im Ballungsraum der Agglomeration Basel mit einer hohen Nutzungsdichte belegt, umso grösser wird daher auch die Bedeutung des unmittelbaren Gewässerumfeldes als Erholungsraum.

Seit 1991 wurden zwischen Aesch und Birsfelden verschiedene kleinere Massnahmen zur ökologischen Aufwertung der Birs durchgeführt (vgl. Salathé 2000). Als erster längerer Abschnitt wurde 1997 eine Strecke von 500 m in Münchenstein (zwischen Heiligholzbrücke und Hofmatt) aufgeweitet, wobei die Breite des Gerinnes von 20 auf maximal 40 m vergrössert und der Blockwurf durch Bühnen ersetzt wurde (vgl. Zeller & Küry 1997). Neben den dadurch erreichten ökologischen und flussmorphologischen Verbesserungen wurde diese Revitalisierung insbesondere auch von Erholungssuchenden als positiv bewertet (Küry 2001). Weitere Abschnitte folgten: 2002 bis 2004 das anspruchsvolle Teilstück von St. Jakob bis zur Birsmündung inmitten dicht besiedelten Gebietes (BirsVital; vgl. Trenkle 2002; Bitterli 2003; Freiburger 2004), 2004 und 2005 Abschnitte zwischen Reinacherheide und Heiligholzbrücke (vgl. Mosimann 2004; Gusewski 2005).

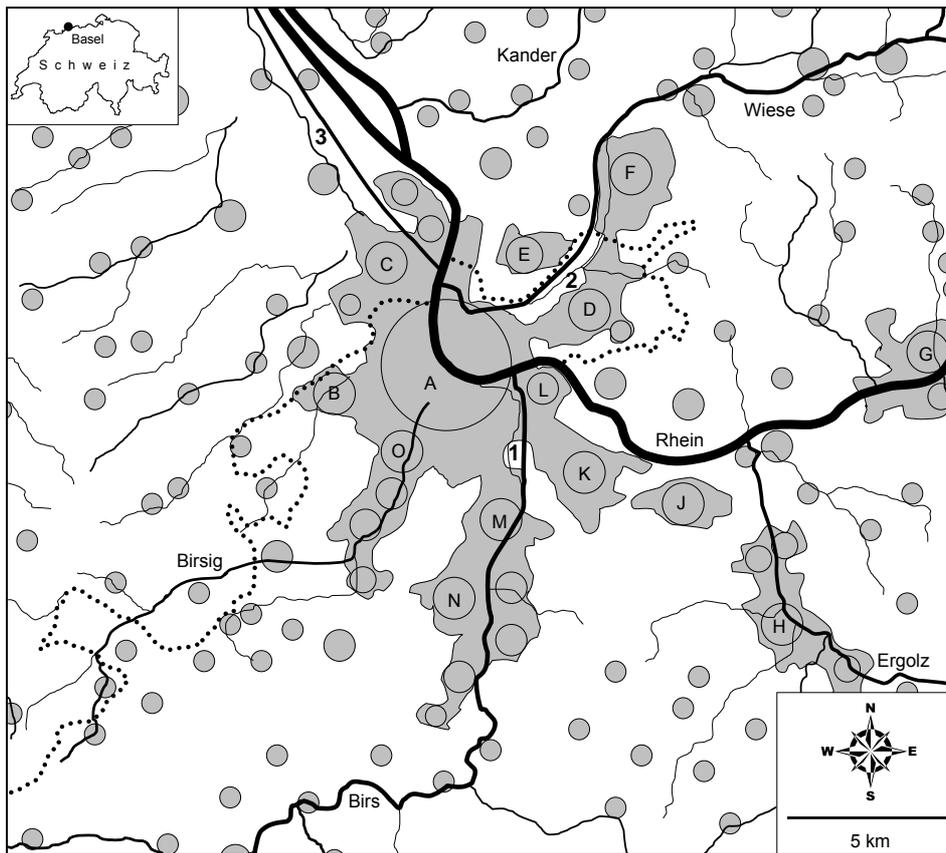


Abb. 2.1 Übersicht über die wichtigsten Fließgewässer und die Siedlungsflächen (Kreisflächen stellen Siedlungskerne dar) der Trinationalen Agglomeration Basel. Sie wird von Rhein, Wiese, Birs, Birsig und Ergolz raumwirksam geprägt, welche die zentralen Organisationsräume definieren. Auffallend sind die nicht von Siedlungsfläche beanspruchten (stadtnahen) Flussebenen der Birs (1) und der Wiese (2). Während die Wieseebene Schutz vor Überbauung v.a. aufgrund der (dominierenden) Trinkwassergewinnung genießt (vgl. Rüetschi 2004), ist dies bei der Brüglinger Ebene auf die historisch bedingten Besitzverhältnisse des Bodens zurückzuführen (vgl. CMS 1994; Annaheim 1961; Herrmann 2004). (Aus Stucki 2006)

1 = Brüglinger Ebene, 2 = Wieseebene (Lange Erlen), 3 = Petite Camargue Alsacienne (F), A = Basel, B = Allschwil, C = St-Louis (F), D = Riehen, E = Weil am Rhein (D), F = Lössach (D), G = Rheinfelden (D), H = Liestal, J = Pratteln, K = Muttens, L = Birsfelden, M = Münchenstein, N = Reinach, O = Binningen

## 2.2 Die Brüglinger Ebene

Vor der ersten Begradigung (1675) und der anschliessenden landwirtschaftlichen Nutzung wurde der gesamte Talboden der Birs unterhalb des Wuhrs Neuwelt durch eine mosaikartig verzahnte, von Auenwäldern und Röhrriechen durchzogene Flusslandschaft geprägt (Salathé 2000). Anlässlich der zweiten Schweizerischen Landesausstellung für Garten- und Landschaftsbau im Jahre 1980 (Grün 80) wurde in dieser ehemaligen Auenlandschaft am südöstlichen Stadtrand von Basel (Brüglinger Ebene; Abb. 2.1) ein künstliches Gewässersystem geschaffen, welches den Besuchern das Thema Ökologie und die Möglichkeiten der naturnahen Landschaftsgestaltung durch den Menschen näher bringen sollte. Mit einer so genannten „Grünen Kläranlage“ – die mit Birswasser beschickt wurde – sollte damals auf die Möglichkeiten von natürlichen Abwasserreinigungsanlagen aufmerksam gemacht werden. In unmittelbarer Nähe dieses Pflanzenklärgeländes wurden mit dem St. Alban-See und dem Quellsee zusätzlich zwei stehende Gewässer geschaffen, so dass eine Art „amphibischer Erholungsraum“ in der ehemaligen Auenlandschaft entstand, welcher stark vom Wasser geprägt ist (Abb. 2.2). Bei der Gestaltung der Ufer wurde auf eine lange und abwechslungsreiche Kontaktzone zwischen Land und Wasser geachtet (Badeja 1980). Das Gebiet dient heute der Naherholung (Park „Im Grünen“).

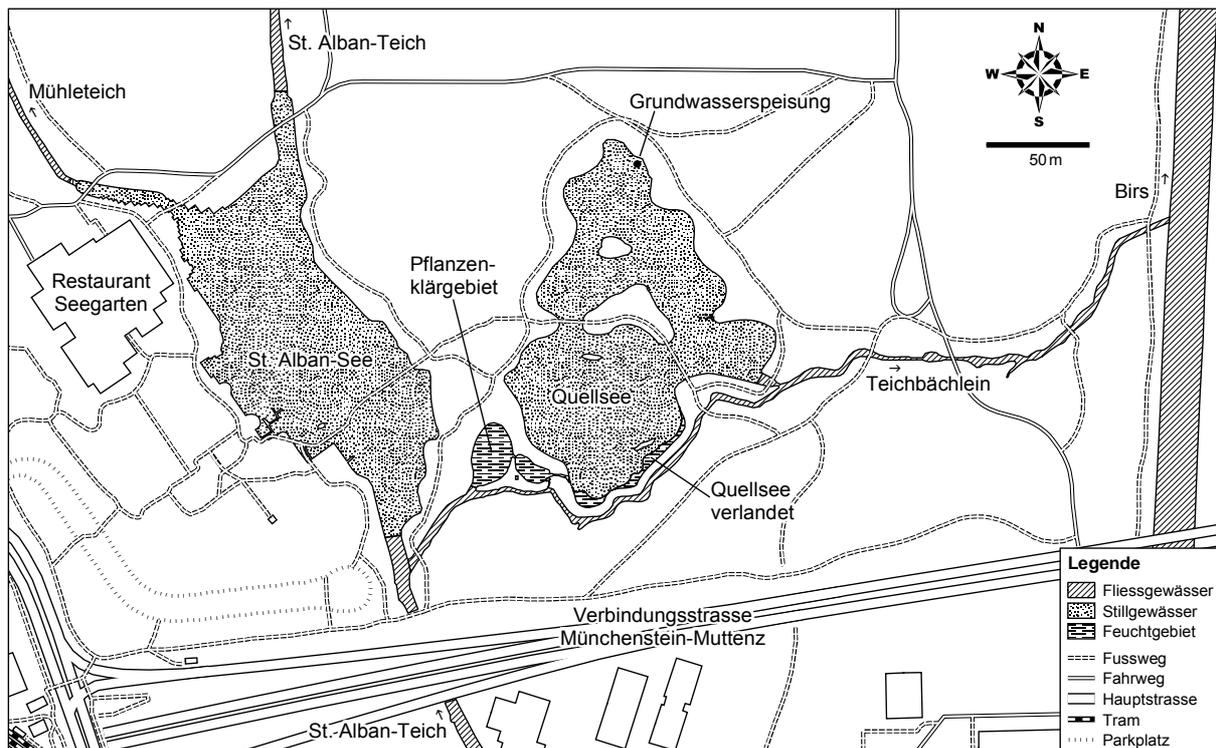


Abb. 2.2 Übersicht über die Gewässer des Parks „Im Grünen“ (ehemals Grün 80) in der südlichen Brüglinger Ebene. Mit Ausnahme der Birns hat das gesamte Gewässersystem einen anthropogenen Ursprung. Der St. Alban-See, der Quellsee, das Pflanzenklärgelände und das Teichbächlein wurden 1978/79 erstellt, der St. Alban-Teich und der Mühleiteich fließen hingegen schon seit Jahrhunderten durch die Brüglinger Ebene. Die Birns wurde im 19. Jahrhundert endgültig aus der Ebene verdrängt. (Aus Stucki 2006).

Da sich das Gebiet in einer Grundwasserschutzzone befindet, war eine Verunreinigung des Grundwassers in der Schotterebene schon damals zu vermeiden. Das Pflanzenklärgelände und die beiden künstlichen Seen (nicht aber das Teichbächlein) wurden deswegen mit einer 7 cm dicken Asphalt-schicht abgedichtet (Thomann & Jaeggi 1980, 39ff).

### 2.2.1 Das Pflanzenklärgelände

Das Pflanzenklärgelände besteht aus zwei Becken (zusammen  $620 \text{ m}^2$ ), welche nacheinander auf einem Weg von gesamthaft 60 m durchflossen werden. Es wird über das Teichbächlein mit Birswasser beschickt. Das Gebiet ist mit Schilf, Seggen, Sumpfschwertlilien und Rohrkolben mosaikartig bewachsen und liegt abseits der von den Besuchermassen frequentierten Wege (Abb. 2.2). Somit bildet es ein ideales Rückzugsgebiet für verschiedene Tier- und Pflanzenarten (z.B. für den Teichrohrsänger).

Die Anlage wurde ursprünglich nach dem Prinzip des Wurzelraumverfahrens nach Kickuth (1984) konzipiert: Das Wasser wird horizontal durch den physikalisch, chemisch und biologisch aktiven Bodenkörper geführt. Das gereinigte Wasser floss damals wieder in das Teichbächlein zurück. In den vergangenen 25 Jahren hat die Funktionsweise der Anlage jedoch Veränderungen erfahren. So findet die direkte Zufuhr des Wassers in den Wurzelbereich nicht mehr statt, da die ursprünglich dazu dienenden Injektionsrohre nicht mehr vorhanden sind und sich zusätzlich durch die Sedimentation eine Kolmation des Substrates vollzog. Zudem speist das Wasser heute nach der Passage den Quellsee.

Mit einem Tracerexperiment konnte Vögli (2003) zeigen, dass ein Grossteil des Birswassers die Anlage nur oberflächlich und in etwa 30 min passiert. Gegenwärtig wird das Pflanzenklärgelände mit  $170\text{-}260 \text{ m}^3/\text{d}$  Birswasser aus dem Teichbächlein bewässert, was einer Mengen-Flächen-Last von  $300 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  entspricht.

### 2.2.2 Der Quellsee

Der Quellsee ist ein kleiner Weiher, der eine Wasserfläche von 10'880 m<sup>2</sup>, eine mittlere Tiefe von 1.1 m und eine maximale Tiefe von 1.9 m aufweist. Das Wasservolumen beträgt 12'070 m<sup>3</sup>. Bei einem gegenwärtigen mittleren Zufluss von 200 m<sup>3</sup>/d hält sich das Wasser theoretisch knapp zwei Monate im Quellsee auf.

Der Name weist darauf hin, dass der See – aufgrund einer negativen Expertise zur Beschickung mit (nährstoffreichem) Birswasser (Badeja 1980, 30) – ursprünglich nur mit einer Grundwasserspeisung versehen wurde. Etwa seit 1992 fließt auch Birswasser aus dem Teichbächlein via Pflanzenklärgelände in den See. Dabei beträgt das durchschnittliche Verhältnis Grundwasser zu Birswasser heute rund 1:6.

An den Ufern des Quellsees überwiegt in weiten Abschnitten Schilf. Auch Seggen, Binsen und Schwertlilien kommen als Riedpflanzen vor. Daneben gibt es Uferbereiche, die durch Bäume und Sträucher gekennzeichnet sind, während andere Bereiche über Wiesen und Wege direkt zugänglich sind. Im Flachwasserbereich im Südteil wachsen (gepflanzte) Seerosen und kleinräumig treten Wasserlinsen auf. Submerse Makrophyten kommen im Quellsee nicht vor, dagegen hat er eine hohe Dichte an Phytoplankton. Neben Fischen (hauptsächlich Karpfen) leben im Quellsee auch (ausgesetzte) Wasserschildkröten und Krebse. Angaben über die verschiedenen Arten und deren Häufigkeiten liegen jedoch nicht vor.

## 2.3 Die Petite Camargue Alsacienne

Die Petite Camargue Alsacienne (PCA) liegt etwa 8 km nordwestlich der Stadt Basel (Abb. 2.1) auf französischem Boden und ist heute (2005) mit 906 ha das grösste staatliche Naturschutzgebiet in der elsässischen Rheinebene. Es besteht aus drei Teilgebieten: Die „Île du Rhin“, den „Kirchenerkopf“ und die „Au“. Da die Untersuchungen hauptsächlich im Gebiet „Au“ stattfanden, beziehen sich die weiteren Ausführungen vorwiegend auf diesen Teil der PCA.

Die durch den Bau des Canal de Huningue vom restlichen Rhein getrennten Altarme und Gewässer im Gebiet Au schienen für eine Fischzucht geeignet, so dass 1852/53 die „Pisciculture Impériale de Huningue“ mit einem raffinierten Wasserversorgungskonzept erbaut wurde (vgl. Schlumberger 1979; Durrer et al. 1997a). Nach der Aufgabe des Betriebes im Jahre 1971 kämpfte der Verein „Amis de la Petite Camargue“ zusammen mit anderen Organisationen und Personen für die Erhaltung der Gewässer und der sie umgebenden Auenrelikte (vgl. Daske 1979). Diese wurden nicht nur von der zunehmenden und mechanisierten landwirtschaftlichen Nutzung bedrängt, sondern auch von verschiedenen industriellen Projekten (Lutten 1984, 10; Kiechel 1966). Schliesslich konnte – als erstes staatliches Naturschutzgebiet im Elsass – ein Gebiet von 120 ha (Untere Au) am 11. Juni 1982 rechtlich unter Schutz gestellt werden. Seither wurde das Gebiet auf die genannten 906 ha vergrössert. Es wird von der „Association Petite Camargue Alsacienne“ verwaltet (Lenzin 2004, 17ff).

Die PCA wird von verschiedenen Fliessgewässern durch- und umflossen, die sich in ihrer Herkunft und Qualität alle recht stark unterscheiden. Der grösste Teil des Gewässersystems ist auf die Fischzuchtanstalt zurückzuführen. Allerdings wurden die Gewässer im Laufe der Jahre mehr oder minder stark verändert. Durrer et al. (1997a) zeigen diese Entwicklungen ausführlich auf. Viele natürliche Wassergräben, Altarme und (Grundwasser-)Weiher wurden in den 1990er Jahren (mit dem Bagger) reaktiviert und für die „Wiederherstellung“ der Überflutungsdynamik wurde ein hydrologisches Konzept erstellt (Durrer et al. 1997b). Eine Übersicht über die heutigen Gewässer ist aus Abb. 2.3 zu gewinnen.



Abb. 2.3 Übersicht über die heutigen Gewässer (schwarz) in der PCA. Die Fließrichtung ist grundsätzlich Richtung Nordwest. Zur Orientierung sind auch Siedlungsflächen und Einzelgebäude (hellgrau) sowie Strassen (dunkelgrau) und Wege (dunkelgrau punktiert) dargestellt. (Aus Stucki 2006)

A = Obere Au, B = Mittlere Au, C = Untere Au, D = Kirchenerkopf, 1 = Grand Canal d'Alsace, 2 = Canal de Huningue, 3 = Au graben, 4 = Rigole, 5 = Grand Pré, 6 = Triangle de l'Écluse, 7 = Étang Petit Triangle, 8 = Étang Waldaue mit Mare des Tritons, 9 = Étang U, 10 = Grand Marais, 11 = Grand Triangle, 12 = Neugraben, 13 = Étang Ornis, 14 = Étang Halle, 15 = Étang Nord, 16 = Chenal des Sources, 17 = Étang Long

### 2.3.1 Der Étang U

Der U-förmige Weiher in unmittelbarer Nähe zur ehemaligen Fischzuchtanlage wurde mit dem Bau derselbigen künstlich erstellt. Er wurde seit jeher mit Rheinwasser über die Rigole bewässert (vgl. Karte in Boissaye & Knibiely 2005, 51). Die zunehmende Verlandung des Étang U im 20. Jahrhundert ist in Freiermuth (1997) mittels Luftbildern dokumentiert. Berger (1993) kartierte den Étang U als Schilfbestand mit kleiner offener Wasserfläche. Zur Reaktivierung wurde daher der Wasserspiegel im Jahre 1999/2000 um 60 cm erhöht. Dies führte zu einer beträchtlichen Ausdehnung der Wasserfläche sowie im südlichen und westlichen Bereich zu einem Absterben nahe stehender Bäume. Die Ufer werden einerseits von ausgedehnten Schilfbeständen geprägt, andererseits sind sie bewaldet.

Mit einer Fläche von rund 30'000 m<sup>2</sup> ist der Étang U das grösste stehende Gewässer in der PCA. Er hat eine mittlere Tiefe von 0.7 m und eine grösste Tiefe von 1.0 m. Das Wasservolumen beträgt während dem Sommerregime 21'000 m<sup>3</sup>, so dass sich das Wasser bei einem mittleren Zufluss von 3'900 m<sup>3</sup>/d theoretisch fünf Tage im Étang U aufhält. Im Winterregime ist der Wasserspiegel um 15 cm abgesenkt, somit beträgt das Wasservolumen noch 16'500 m<sup>3</sup>. Entsprechend hält sich das Wasser bei einer mittleren Zuleitung von 1'300 m<sup>3</sup>/d theoretisch 13 Tage im Étang U auf.

### 2.3.2 Das Grand Marais

Beim Grand Marais im nördlichen Teil der PCA handelt es sich um einen etwa 1'300 m langen Altarm des Rheines, der auf Luftbildern deutlich auch als solcher erkennbar ist (Freiermuth 1997; Galusser & Schenker 1992). Um die Zuwucherung und damit Verlandung des offenen Wasserbereiches mit Riedgräsern und Schilf zu bremsen, wurden durch mechanische Eingriffe (Bagger) erstmals zwischen 1990 und 1992 (Berger 1993, 38) einzelne Weiher und ganze Fließkorridore (v.a. im westlichen Bereich des Altarmes) ausgehoben.

Das Grand Marais wird hauptsächlich mit Rheinwasser aus der Rigole gespeist. Daneben gibt es kleinere Zuflüsse aus den südwestlich davon gelegenen Étang Waldaue (mit dem Mare des Tritons), Étang Halle und Étang Nord (die – z.T. über verschlungene Fließwege – auch mit Rheinwasser gespeist werden). Somit entwässert der grösste Teil des Gebietes rechterhand des Augrabens in das Grand Marais (Abb. 2.3).

## 2.4 Die Wiese

Die Wiese entspringt beim Feldberg im Schwarzwald auf 1'200 m NN und legt eine Strecke von 54.6 km (davon 6.1 km in der Schweiz) bis zur ihrer Mündung in den Rhein bei Basel zurück (Abb. 2.1). Das Einzugsgebiet umfasst 454 km<sup>2</sup> und liegt zum grössten Teil auf deutschem Staatsgebiet. Der wichtigste Nebenfluss ist die kleine Wiese, die am Belchen auf 1'100 m Höhe entspringt (Golder 1991, 6). Das Abflussregime wird als jurassisch-pluvial eingestuft (BWG 2004b), mit beträchtlichen Hochwässern, v.a. in den Wintermonaten (Tab. 2.1). Durch das ausgeprägte Relief und die geringe Speicherkapazität im Einzugsgebiet treten diese Hochwässer sehr plötzlich und heftig auf (AUE 2002). Wegen diesen berüchtigten und zerstörerischen Hochwässern wurde der Lauf der Wiese im Verlauf der letzten 200 Jahre radikal verändert.

Tab. 2.1 Hochwasser der Wiese (BWG 2004a; AUE 2002; HHQ geschätzt).

Abfluss Wiese	[m <sup>3</sup> /s]
MQ	11.4
HQ <sub>10</sub>	220
HQ <sub>50</sub>	315
HQ <sub>100</sub>	350
HHQ	450

Jahrtausende hindurch hatte die Wiese kein einheitliches Bett, sondern floss in wechselnden Gerinnen gegen den Rhein (Dill 2000; Wüthrich & Siegrist 1999). Erste bauliche Eingriffe in den Flusslauf der Wiese wurden bereits Mitte des 14. Jahrhunderts durch die Kanalisierung von Seitenarmen zur Wässermattenwirtschaft getätigt (Kaufmann 1985, 121). Durch die immer wiederkehrenden Hochwässer war lange Zeit nur extensive Nutzung möglich. Erst nach und nach wurden der Wiese weitere Flächen abgerungen und das Flussbett eingeengt (vgl. Golder 1991, 14ff). Noch 1836 ist die Wiese in unkanalisierter Form belegt (Wicki 1986, 7). Um 1850 begann die Eindämmung, die in mehreren Etappen der Wiese ihr heutiges, einheitliches (in den Langen Erlen auf 360 m<sup>3</sup>/s ausgerichtetes) Doppeltrapezprofil brachte. Das gravierende Hochwasser von 1882/83 (mit rund 450 m<sup>3</sup>/s) bestätigte den „Sinn“ dieser Bemühungen und um die Jahrhundertwende wurde die Kanalisierung durchgehend abgeschlossen (vgl. Golder 1991). Diesen Eingriffen folgte eine starke Veränderung des Landschaftshaushaltes der Aue: Die typische Überflutungsdynamik wurde unterbunden und der Grundwasserspiegel senkte sich.

## 2.5 Die Langen Erlen

Die etwa 600 ha grosse Wiesebene zwischen dem rechten Basler Rheinufer und Riehen (Abb. 2.1) gilt als wichtiges Naherholungsgebiet von Basel (neben der Brüglinger Ebene und dem Allschwiler Wald) und wird intensiv von Spaziergängern, Joggern, Inline-Skatern und Velofahrern genutzt. Weitere Nutzungen in der Ebene betreffen den Tierpark, die Land- und Forstwirtschaft, Familiengärten, Sportanlagen und – als in diesem Zusammenhang dominante Nutzung – die Anreicherung des Grundwassers zur Speisung der städtischen Trinkwasserversorgung durch die Industriellen Werke Basel (IWB).

Heute durchfließt die Wiese die Langen Erlen in einem monotonen Kanal mit zahlreichen Querschwellen, der dem Fluss kaum noch Kontakt zu seiner ehemaligen Auenlandschaft erlaubt. Die ursprünglich namengebende Erle wurde wegen des schon im letzten Jahrhundert abgesenkten Grundwasserspiegels aus der bestandsbildenden Baumschicht verdrängt und durch einen Stieleichen-Eschen-Hagebuchenwald (*Ulmo-Fraxinetum listeretosum*) ersetzt. Nur in den zur Grundwasseranreicherung von den IWB mit Rheinwasser bewässerten und bewaldeten Versickerungsfeldern („Wässerstellen“) finden sich noch oder neuerdings wieder Arten, die für eine Auenlandschaft typisch sind. Das sonst für Auenlandschaften typische Mosaik von Feucht- und Trockenbereichen ging zusammen mit der zeitlichen und räumlichen Dynamik im Gebiet weitgehend verloren.

Die Langen Erlen liegen in der südöstlichen Ecke des Rheintalgrabens; dessen Rand, die Rheintalflexur, verläuft im Osten des Gebietes (und zieht sich auf der anderen Seite des Rheins entlang des Ostrandes des Birsecks bis zur Klus von Angenstein). Die im Tertiär abgelagerten Wiese- und Rheinschotter im Untergrund fungieren als Grundwasserstauer, die darüberliegenden, 10-20 m mächtigen quartären Wieseschotter bilden den Grundwasserleiter (Aquifer-Mächtigkeit ca. 8-16 m; Rüetschi 2004, 48). Das Grundwasser im Basler Bereich der Wiesebene wird durch Zufluss vom Dinkelberg, Flussinfiltration der Wiese und Niederschlag gespeist. Weitere Informationen zur Geologie und Hydrologie der Wiesebene finden sich bei Zechner (1996).

## 2.6 Der Bergsee von Bad Säkingen

Der rundliche, rund 6.5 ha grosse Bergsee von Bad Säkingen ist heute vor allem ein touristisch und fischerwirtschaftlich interessantes Gewässer. Sedimentanalysen zeigen jedoch, dass der Bergsee bereits vor über 30'000 Jahren als glaziales Gewässer existierte, und damit auch für die Wissenschaft viele Informationen in den Sedimenten gespeichert sind, die bisher nur oberflächlich erschlossen wurden (Becker 2003). Die durchschnittliche Tiefe des Sees liegt bei etwa 6 m, die grösste Tiefe erreicht er im nordwestlichen Bereich mit 12.5 m. Um eine gleichmässige Wasserversorgung der Säkinger Gewerbebetriebe zu ermöglichen, wurde der Bergsee im Jahr 1802 durch den Bau eines Tunnels mit dem sedimentführenden Schöpfbach verbunden. Damit wurde der ursprünglich nährstoffarme, zuflusslose See zum Speicherbecken. Der Seespiegel wurde durch den Bau einer Ufermauer und eines Dammes künstlich um rund 6 m angehoben. Seitdem hat der landschaftlich aber immer noch attraktive See vielfach Künstler inspiriert und gilt als das wichtigste Naherholungsgebiet der Stadt Bad Säkingen (Braun 2001). Ein viel begangener Uferweg führt um den See, jedoch fehlen dem See wichtige Elemente der natürlichen Seefauna und -flora, da es nur kleinflächige Flachuferbereiche und kaum Sichtschutz für scheue Seebewohner gibt.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts war der See eine Art Moorsee (dystrophes Gewässer), was ihm die ursprüngliche Bezeichnung „Schwarzsee“ einbrachte. Zum klaren „Bergsee“ wurde der See erst durch den erwähnten Tunnelbau, welcher das Einzugsgebiet des Bergsees auf mehrere Quadratkilometer vergrösserte und damit erheblich mehr Nährstoffe und Sedimente zuführte. Der Bergsee zeigte ab den 1960er Jahren eine starke Eutrophierung durch die hohen Nährstofffrachten aus dem Einzugsgebiet. Als see-externe Sanierungsmassnahmen Anfang der 1980er Jahre nicht in ausreichendem Masse Erfolg zeigten und dem See das „Umkippen“ drohte, wurde 1987 als see-interne

Massnahme eine Tiefenwasserbelüftungsanlage installiert. Seit dieser Zeit wird dem Bergsee künstlich Tiefenwasser entnommen, mit Luftsauerstoff angereichert und wieder in die Tiefenschichten des Sees eingebracht. In den letzten Jahren wurde die Dauer der künstlichen Belüftung wegen hoher Kosten und zunehmend auftretenden Problemen verkürzt (vgl. Wüthrich 2003). Gleichzeitig fiel die Bedeutung des Sees als Speicherbecken für einen grossen Säckinger Färbereibetrieb gänzlich weg, so dass nun die vorhandenen Renaturierungskonzepte teilweise umgesetzt werden konnten. Im Rahmen dieser Renaturierungsarbeiten wurde im Frühsommer 2003 das Ostufer des Sees umgestaltet, wobei die alte Ufermauer entfernt und eine Initialbepflanzung mit Helophyten eingebracht wurde (vgl. Wüthrich 2003). Politik und Bevölkerung, aber auch die verschiedenen Nutzer- und Akteursgruppen mussten und müssen künftig beim Bergsee sehr vorsichtig agieren, wenn der eingeschlagene Weg in Richtung eines naturnahen Sees erfolgreich weiter beschrritten werden soll. Diese Situation machte den Bergsee zu einem interessanten Vergleichsobjekt für die sozialwissenschaftlichen Fragestellungen des MGU-Projektes F1.03 (vgl. Kap. 1.3).

## 2.7 Zitierte Literatur

- Annaheim H. 1961. Zur Geographie des Grundbesitzes der Christoph Merian'schen Stiftung. *Regio Basiliensis* 3(1): 5-44.
- AUE (Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt) (Hrsg.) 2002. Entwicklungskonzept Fliessgewässer Basel-Stadt. Zur ökologischen Aufwertung der Bäche und Flüsse im Kanton. Basel, 1-103 + 67 S. Anhang.
- AUE (Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft) (Hrsg.) 2004. La Birse Die Birs. Regionaler Entwässerungsplan – REP Birs. Liestal, 1-12.
- Badeja E. 1980. Sektor „Land und Wasser“. *Anthos* 1/80: 27-36.
- Becker A. 2003. Vom Denekamp-Interstadial zur Gegenwart: 30'000 Jahre Erdgeschichte überliefert in den Sedimenten des Bergsees bei Bad Säckingen. *Regio Basiliensis* 44(3): 261-273.
- Berger C. 1993. Die unbelebten Standortfaktoren Relief, Boden und Wasser als Grundlage der Naturschutzgebietsplanung in der „Petite Camargue Alsacienne“ (F). Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-160 + 36 S. Anhang.
- Bitterli C. 2003. Die Birs lächelt wieder. *Bau- und Umwelt-Zeitung* [Bau- und Umweltschutzdirektion BL] 40: S. 1.
- Boissaye A. & Knibiely P. 2005. La Petite Camargue Alsacienne. Dans la jungle du Rhin... Regards sur une réserve naturelle. Strasbourg, 1-140.
- Braun K. 1999. Der Bergsee. Fotografie-Kunst-Geschichte-Ökologie. Eggingen, 1-111.
- BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) (Hrsg.) 2004a. Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2003. Bern, 1-460.
- BWG (Bundesamt für Wasser und Geologie) (Hrsg.) 2004b. Hydrologischer Atlas der Schweiz. Bern [Loseblattausgabe in 2 Ordnern, 1992-].
- CMS (Christoph Merian Stiftung) 1994. Christoph Merian Stiftung Basel. Basel, 1-24.
- Daske D. 1979. La réserve naturelle, pourquoi? *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse* 3/79 (775): 11-16.
- Dill A. 2000. Die Böden der hinteren Langen Erlen und ihr Infiltrationsvermögen. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-142.
- Durrer H., Binnert J.P. & Lacoste V. 1997a. Hydrologisches Konzept. Strategien zur Wiederbelebung der Mittleren Au in der Petite Camargue Alsacienne (F/Elsass) 1996. Institut für Medizinische Biologie der Universität Basel, 1-37.
- Durrer H., Jenn H., Golay N., Vaterlaus C., Walther B., Amrhein V., Ochsenbein A. & Lenzin H. 1997b. Renaturierung der Mittleren Au in der Petite Camargue Alsacienne (F/Elsass) von 1993-1996. Schlussbericht MGU-Projekt FO3, Universität Basel, 1-227.
- Freiberger H. 2004. Revitalisierung urbaner Gewässer – Akzeptanz für die revitalisierte Birs. *Regio Basiliensis* 45(3): 175-184.
- Freiermuth B. 1997. Die Entwicklung der Landschaft der Petite Camargue Alsacienne im Wandel der Zeit. Ein MGU-Teilprojekt innerhalb des Projektes „Renaturierung der Petite Camargue Alsacienne“. Institut für Medizinische Biologie der Universität Basel, 1-63 + 6 S. Anhang.
- Gallusser W.A. & Schenker A. 1992. Die Auen am Oberrhein. Basel, 1-192.
- Golder E. 1984. 100 Jahre Birsuhr Neue Welt. Die Geschichte eines Bauwerkes. Basel, 1-149.
- Golder E. 1991. Die Wiese. Ein Fluss und seine Geschichte. Basel, 1-186.
- Gusewski M. 2005. Die Birs als ein grüner Juwel. *Basellandschaftliche Zeitung* vom 7.3.2005: S. 14.
- Herrmann U. 2004. Betreiberkonflikt und Nutzerzufriedenheit in der Brüglinger Ebene. Oberlehrerarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-69 + 50 S. Anhang.
- Huber M. & Ramseier W. 1995. Die Wasserführung der Birs. In: Ramseier W., Huggel S., Kolb B. & Salathé R. (Red.). Münchenstein: Heimatkunde. Liestal, 58-62.
- Kaufmann G. 1985. Ein Fluss wird gebändigt. *Riehener Jahrbuch*, 117-135.
- Kickuth R. 1984. Das Wurzelraumverfahren in der Praxis. *Landschaft + Stadt, Beiträge zur Landespflege und Landesentwicklung* 16(3): 145-153.
- Kiechel L. 1966. Schweizer Industrie in der elsässischen Grenzgegend willkommen. *Regio Basiliensis* 7(1): 100-103.
- Küry D. 2001. Die Birs im Spannungsfeld zwischen ökologischen und sozialen Ansprüchen. *Regio Basiliensis* 42(1): 23-34.
- Lenzin H. 2004. Petite Camargue Alsacienne. Botanischer Exkursionsführer mit Artenlisten und Routen. Basel, 1-218.
- Lutten L.-P. 1984. La Petite Camargue Alsacienne. Réserve naturelle. Mulhouse, 1-69.
- Mosimann R. 2004. Revitalisierung Birs: Neuer Abschnitt fertig gestellt. *Bau- und Umwelt-Zeitung* [Bau- und Umweltschutzdirektion BL] 43: S. 2.

- Rüetschi D. 2004. Basler Trinkwassergewinnung in den Langen Erlen. Biologische Reinigungsleistung in den bewaldeten Wasserstellen. *Physiogeographica* 34, Basel, 1-348 + 76 S. Anhang.
- Salathé R. 2000. Die Birs. Bilder einer Flussgeschichte. Liestal, 1-172.
- Schenker-Nay A. 1995. Die Birslandschaft zwischen Arlesheim und Wuhr im Wandel der Zeit. In: Ramseier W., Huggel S., Kolb B. & Salathé R. (Red.). Münchenstein: Heimatkunde. Liestal, 47-58.
- Schlumberger O. 1979. Histoire de la pisciculture. *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse* 3/79 (775): 35-39.
- Stucki O. 2006. Funktionen und Strukturen urbaner Gewässer um Basel. Quellsee (Brüglinger Ebene) und Étang U (Petite Camargue Alsacienne) als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Arbeit.
- Thomann F. & Jaeggi H. 1980. Grün 80. Das Erinnerungsbuch. Basel, 1-100.
- Trenkle E. 2002. BirsVital: Zurück zur Natur. *Bau- und Umwelt-Zeitung* [Bau- und Umweltschutzdirektion BL] 34: S. 3.
- Vögtli T. 2003. Zustand und Funktion einer Pflanzenkläranlage (Grün 80) nach 24jährigem Betrieb. Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-84 + 15 S. Anhang.
- Wicki C. 1986. Wälder im Kanton Basel-Stadt. Basel, 1-67.
- Wüthrich C. 2003. Der Bergsee Bad Säkingen: Die Revitalisierung eines urbanen Sees. *Regio Basiliensis* 44(3): 205-220.
- Wüthrich C. & Siegrist L. 1999. Ökodiversität natürlicher Auenlandschaften: Ansätze zur strukturellen Revitalisierung. In: Eder S. & A. Gurtner-Zimmermann (Hrsg.). *Hochrheinrenaturierung in Stadt und Agglomeration Basel*. Basler Stadt- und Regionalforschung 17, Basel, 32-44.
- Zechner E. 1996. Hydrogeologische Untersuchungen und Tracertransport-Simulation zur Validierung eines Grundwassermodells der Langen Erlen (Basel-Stadt). Dissertation am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel, 1-156.
- Zeller U. & Küry D. 1997. Vom Kanal zum neuen Lebensraum – Die Renaturierung der Birs. *Natur und Mensch* 39(3): 8-11.



# Teil Physiogeographie



## 3 Selbstreinigungsleistung urbaner Flusslandschaften

*Urs Geissbühler, Oliver Stucki und Christoph Wüthrich*

### Zusammenfassung

Durch die anthropogene Nutzung wurden wesentliche Funktionen und Strukturen des Ökosystems Aue verändert und zerstört. Begradigte und verbaute Fliessgewässer sind heute landesweit zur Selbstverständlichkeit geworden. Seit Ende des 20. Jahrhunderts konnten jedoch vermehrt Revitalisierungsprojekte durchgeführt werden, bei denen eine naturnahe Gestaltung und das Zulassen kontrollierter Dynamik im Vordergrund standen. Diese Projekte zeigten allerdings, dass in urbanen Räumen bezüglich Flusslandschaften oft erhebliche Zielkonflikte bestehen, welche mit einem modernen Flusslandschaftsmanagement gelöst werden müssen. Die Resultate der Untersuchung zeigen, dass durch die Optimierung der Selbstreinigungsprozesse auch in urbanen Flusslandschaften eine wesentliche Verbesserung der Wasserqualität erreicht werden kann. Insbesondere lassen sich bei bakteriellen Belastungen und im Bereich der Schwebstoffe mit wenigen Massnahmen enorme Verbesserungen erzielen, die auch für die künstliche Grundwasseranreicherung günstige und naturnahe Alternativen bieten. Gleichzeitig dienen solche Gebiete Pflanzen und Tieren der Auen als (Ersatz-)Lebensraum und der städtischen Bevölkerung als hochwertiger Erholungsraum.

### 3.1 Einleitung und Methoden

Natürliche Flusslandschaften sind integraler Bestandteil des Umlandes und des gesamten Einzugsgebietes und haben mit demselbigen vielfältige Funktionsbeziehungen durch die Vernetzung in der Längs- (Abfluss, Transport flussabwärts, Aufwanderungen), Horizontal- (Austausch zwischen Gerinne und Einzugsgebiet, Eintrag von Stoffen aus dem Umland) und Vertikaldimension (Austausch zwischen Gerinne, Interstitial und Grundwasser, Niederschlag, Verdunstung) sowie in der Zeit (Entstehung, Erhaltung und Zerstörung von Strukturen) (vgl. Bloesch 1997). In solchen Flussebenen herrscht eine grosse Dynamik nicht nur betreffend der Sedimentations- und Erosionsprozesse, sondern auch bezüglich der stoffhaushaltlichen Umsetzungs- und Anlagerungsprozesse im Gerinne und in der Aue (z.B. Nitrifikation, Denitrifikation, chemische Ausfällung, Assimilierung in Biomasse, mikrobieller Abbau, Adsorption, Adsorption und Desorption, Sedimentation, usw.). Diese Prozesse machen letztlich die Selbstreinigungskraft der Landschaft aus.

Typische Auenlandschaften überdeck(t)en meist den gesamten Talboden. Darum ist es nicht verwunderlich, dass schon früh versucht wurde, dieses Land nutzbar zu machen, sei es für die Holz- und landwirtschaftliche Nutzung, für die Nutzung der Wasserkraft oder als Ort für Siedlungen. Durch die anthropogene Nutzung wurden wesentliche Parameter des Ökosystems Aue verändert. Waren kleinflächige Nutzungsveränderungen durch das System noch ausgleichbar, so wurde mit der Zunahme der genutzten Fläche seit dem Mittelalter bis heute grosse Teile des Ökosystems und seiner Funktionen zerstört. Begradigte und verbaute Fliessgewässer sind heute zur Selbstverständlichkeit geworden, die ursprüngliche Dynamik ging verloren.

#### 3.1.1 Ausgangslage

Ende des 20. Jahrhunderts resultierte aus Forderungen der Fachwelt eine allmähliche Abkehr vom „harten“ Umgang mit der Flusslandschaft. Die Einsicht trat ein, Gewässer ganzheitlich zu betrachten und integral zu schützen (z.B. Revision des GschG vom 24. Januar 1991). Zudem erfolgte aufgrund verschiedener Ereignisse (z.B. Brandfall von Schweizerhalle 1986) eine Sensibilisierung der

Bevölkerung für Flüsse und deren Bewohner. Eine nachhaltige Gewässerpolitik muss heute gemäss dem „Leitbild Fliessgewässer Schweiz“ (BUWAL & BWG 2003) gewährleisten, dass Fliessgewässer einen ausreichenden Gewässerraum, eine ausreichende Wasserführung und eine ausreichende Wasserqualität aufweisen. Nur so kann langfristig die Erhaltung bzw. die Wiederherstellung natürlicher bzw. naturnaher Gewässer mitsamt ihren vielfältigen Funktionen sichergestellt werden.

Urbane Räume sind durch eine enorme anthropogene Nutzungsdichte geprägt. Demzufolge sind Flüsse und Flusslandschaften, die solche Räume queren, konsequent den menschlichen Aktivitäten unterworfen und entsprechend angepasst (Schuhmacher & Thiesmeier 1991). Mit der genannten Sensibilisierung der Bevölkerung sowie der Abkehr vom „harten“ Umgang mit der Flusslandschaft konnten vermehrt Revitalisierungsprojekte durchgeführt werden, bei denen eine naturnahe Gestaltung und das Zulassen kontrollierter Dynamik im Vordergrund standen. Aber gerade diese Projekte zeigten, dass in urbanen Räumen bezüglich Flusslandschaften oft erhebliche Zielkonflikte bestehen (vgl. auch Wüthrich et al. 2003): Zum Beispiel zwischen den Bedürfnissen des Naturschutzes und einer allzu intensiven Erholungsnutzung (vgl. Kap. 5), zwischen dem Streben nach verbesserter horizontaler und vertikaler Durchlässigkeit (Konnektivität; vgl. Amoros & Roux 1988) der Landschaft und den Ansprüchen des Grundwasserschutzes (vgl. Kap. 4) oder zwischen den Bedürfnissen einer mobilen Gesellschaft (Verkehr) und der berechtigten Forderung nach der Sicherung vorhandener Restflächen von Auen.

Obwohl unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit die Wiederherstellung frei fliessender Gewässer vorzuziehen ist, wird dies in urbanen Gebieten aufgrund des Raumbedarfs in vielen Fällen nicht (mehr) möglich sein. Die bearbeiteten Gebiete (Wiese- und Birsebene) zeigen jedoch, dass unter bestimmten Rahmenbedingungen kontrollierte fluviale Dynamik und Elemente naturnaher Auenlandschaften mit (reversiblen) baulichen Massnahmen in ehemaligen Überschwemmungsebenen zugelassen werden können, selbst wenn sich dort Grundwasserschutzgebiete befinden. Damit kann gleichzeitig der Reaktivierung auentypischer Prozessketten und dem Gebot nach Erhöhung der Arten- und Habitatvielfalt Rechnung getragen werden. Ob damit gleichzeitig eine Aufwertung der Erholungsfunktion für die Stadtbevölkerung erreicht werden kann, wurde im sozialwissenschaftlichen Teil der Studie untersucht (Kap. 5). Werden verschiedene Elemente von Auenlandschaften (Röhrichte, Überschwemmungsflächen, Seen, revitalisierte Bäche) zudem „richtig“ kombiniert und die Gebiete reich und kleinräumig strukturiert, so können solche Landschaften auch Funktionen im Stoffhaushalt übernehmen und als Ersatzlebensräume für Arten der Auen fungieren. Konkret ist z.B. denkbar, dass Oberflächenwasser nach dem Durchlaufen einer naturnahen Röhrichtfläche für die Revitalisierung von städtischen bzw. stadtnahen Wassergräben, Überschwemmungsflächen und Weihern verwendet werden kann und gleichzeitig der Grundwasseranreicherung dient. Eine solche naturnahe Grundwasseranreicherung ist erstens gegenüber einer rein technischen Lösung in der Regel kostengünstiger und gliedert zweitens jene Freiflächen auf eine attraktive Art, die unter hohem Nutzungsdruck der Stadtbevölkerung stehen (vgl. Kohl 2001). Drittens besteht dadurch die Möglichkeit, naturnahe Bereiche zu gewinnen, die in eine nachhaltige Stadtentwicklung integriert werden können.

### 3.1.2 Methodik zur Erfassung der Reinigungsleistung

In der Brüglinger Ebene und insbesondere in der Petite Camargue Alsacienne sind sowohl Fliessgewässer, Schilfgebiete wie auch stehende Gewässer zu finden. Im Rahmen des MGU-Projekts wurde gemäss den Fragestellungen (Kap. 1.2) in beiden Gebieten die Reinigungsleistung sowohl des Gesamtsystems (vgl. Kap. 2) wie auch die Funktionen einzelner Kompartimente untersucht (vgl. Abb. 3 in Geissbühler et al. 2005). Dadurch konnten Auswirkungen bzw. Funktionen von Fliessgewässern, Schilfgebieten und stehenden Gewässern auf die Wasserqualität in unterschiedlichen Kombinationen – wie sie in natürlichen Auenlandschaften vorkommen – erforscht werden.

Die Ermittlung der Daten erfolgte mit monatlichen (morgendlichen) Schöpfproben an 14 Beprobungspunkten in der Brüglinger Ebene von Januar 2003 bis August 2005 und an 17 Beprobungs-

punkten in der PCA von Januar 2005 bis Dezember 2005. Dabei wurden zur Quantifizierung der Reinigungsleistung und der allgemeinen limnökologischen Charakterisierung direkt im Gelände jeweils pH-Wert, O<sub>2</sub>-Gehalt und -Sättigung, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Trübung sowie im Labor DOC, UV-Extinktion (SAK 254), NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> und Bakteriologie (*E.coli*, totale koliforme Keime) bestimmt. Die im Kap. 3.2 aufgeführten Resultate basieren auf Daten dieser Beprobungen.

### 3.1.3 Weitere physisch-geographische Untersuchungen im Überblick

Im Weiteren wurde in den Jahren 2003 bis 2005 im physisch-geographischen Bereich des MGU-Projekts F1.03 die nachfolgend beschriebenen Forschungsarbeiten durchgeführt. Die Resultate zu diesen Untersuchungen werden in Geissbühler (2006) und Stucki (2006) publiziert.

- Die Dauerüberwachung für Trübung und UV-Extinktion des Wiesewassers mittels automatischer Sensoren und Datenfernübertragung (aus dem Projekt F2.00 in den Langen Erlen) wurde vom Mühleteich direkt an die Wiese verlegt und die Messungen dort (bis Dezember 2004) weitergeführt.
- Analog dazu wurde im Teichbächlein zur Dauerüberwachung des Birswassers (welches via Pflanzenklärgelände in den Quellsee geleitet wird) eine Trübungs- und Leitfähigkeitssonde installiert. Bei Überschreiten eines Trübungsschwellenwertes wurde ein Probensammler automatisch eingeschaltet um Proben zur quantitativen Schwebstoffbestimmung zu gewinnen.
- Zusätzlich zu den Schöpfproben wurden im Pflanzenklärgelände weitere vier Beprobungssequenzen („Start-Ende-Beprobung“ und „Experiment Trübungswelle“) durchgeführt, die direkt den Unterschied zwischen dem eingeleiteten Birswasser (Teichbächlein) und dem Wasser nach Durchlauf des Pflanzenklärgeländes darstellten. Die Analyse erfolgte analog wie bei den normalen Schöpfproben (Kap. 3.1.2).
- Im Pflanzenklärgelände wurde mittels Tracerexperiment das Fließmuster bestimmt. Danach wurden Sonden zur Untersuchung des Abbaumilieus in verschiedenen Substrattiefen eingesetzt.
- Im Quellsee wurde stündlich die Wassertemperatur in 10 und 130 cm Tiefe automatisch mit einem Datenlogger aufgezeichnet und mindestens einmal wöchentlich wurde die Secchi-Sichttiefe gemessen.
- Monatlich wurden im Quellsee mittels einer Multiparametersonde Profilmessungen von pH-Wert, O<sub>2</sub>-Gehalt und -Sättigung, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Trübung durchgeführt.
- Quartalsweise wurden die Schöpfproben (Kap. 3.1.2) durch Tiefen-Schöpfproben im Quellsee ergänzt, d.h. es wurden zusätzlich Wasserproben über dem Seegrund genommen.
- Quartalsweise wurden im Quellsee für 5-10 Tage zwei Multiparametersonden in 5 und 170 cm Tiefe installiert, die Tagesganglinien von pH-Wert, O<sub>2</sub>-Gehalt und -Sättigung, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur und Trübung aufzeichneten. Für die Aufzeichnung der Tagesganglinien im Étang U wurde die Multiparametersonde einmal im Sommer und einmal im Winter in 5 cm Tiefe für jeweils eine Woche installiert.
- Mittels Sedimentkerne wurden die Sedimente von Quellsee und Étang U chemisch und physikalisch untersucht (Nährstoffe, Schwermetalle, Korngrößenanalyse). Zudem wurde bei Oberflächensedimenten beider Seen das Rücklösungspotenzial für Phosphor experimentell untersucht.
- In der Brüglinger Ebene wurden die Strukturen des Parks „Im Grünen“, die Ufervegetation und -zugänglichkeit des Quellsees sowie die Strukturen des Teichbächleins kartiert, um die Funktionen als Natur-, Lebens- und Erholungsraum zu erfassen.

## 3.2 Ausgewählte Resultate

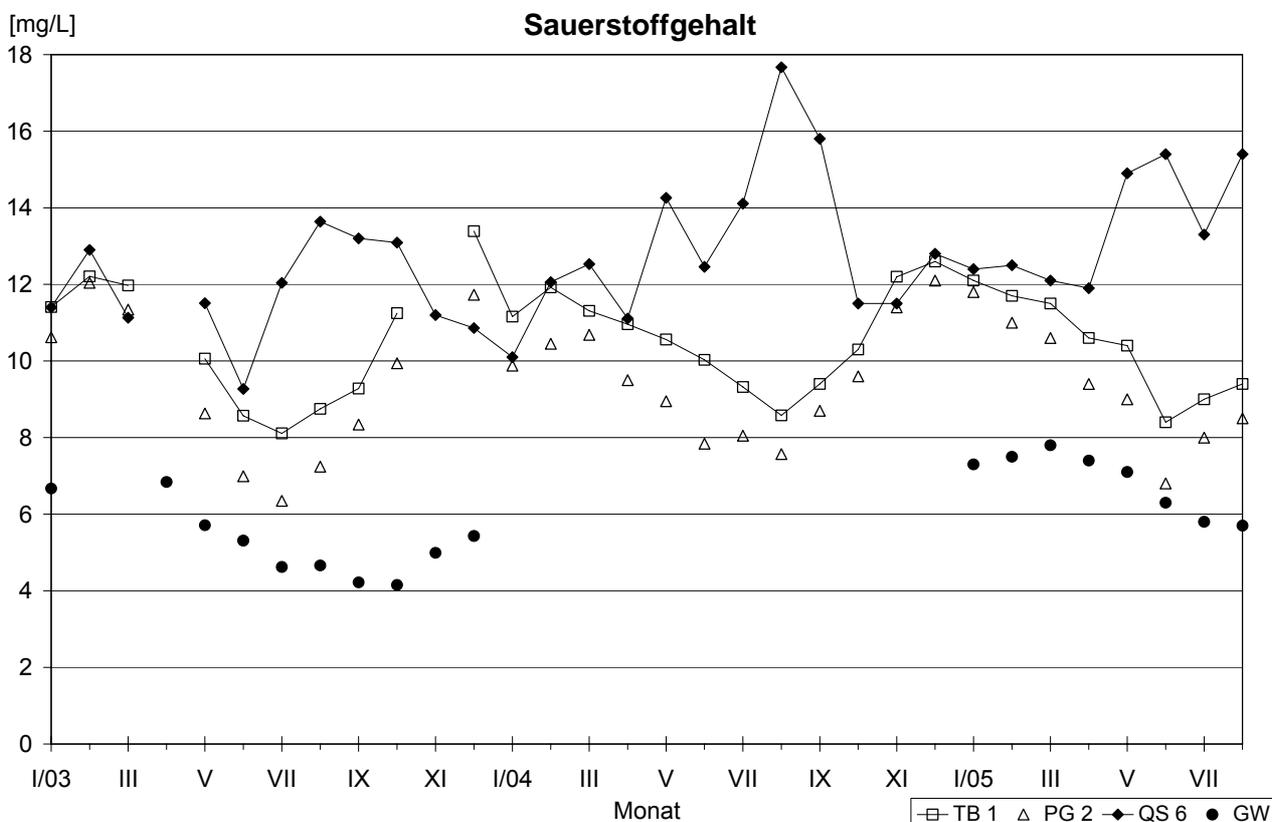
Im Folgenden sind ausgewählte Resultate für die Brüglinger Ebene und für die PCA dargestellt. Im ersten Teil wird die Wirkung eines kleinen Schilfgebietes (Pflanzenklärgelände) mit einem nachfolgenden stehenden Gewässer (Quellsee) beschrieben, im zweiten Teil die Wirkung eines extrem flachen Stillgewässers (Étang U) und im dritten Teil eine Kombination von Fließgewässer, Schilfgebiet und anschließendem Stillgewässer, wobei sich der Charakter der Gewässer innerhalb des (grossflächigen) Gebietes kleinräumig abwechseln (Grand Marais). Die Eigenschaften der besprochenen Gewässer sind in Kap. 2.2 & 2.3 beschrieben.

### 3.2.1 Pflanzenklärgelände und Quellsee in der Brüglinger Ebene

Die vor 25 Jahren erschaffenen und heute etablierten Gewässer ermöglichten es, die Fragestellungen des Projekts in einem Umfeld (Parklandschaft mit Gewässern) zu erörtern, wie es in urbanen Gebieten relativ häufig vorkommt. Aus diesem Grund sind die Resultate mit anderen Gebieten vergleichbar.

#### 3.2.1.1 Sauerstoff

Die Sauerstoffsättigung des Teichbächleins zeigt einen recht ausgeglichenen Verlauf und liegt durchwegs im optimalen, gesättigten Bereich (Mittelwert von 96.9 %, entspricht 10.5 mg/L). Das Minimum wurde am 23. Juli 2003 mit 8.1 mg/L (94.0 % bei 21.3 °C Wassertemperatur) gemessen. Während der Passage durch das Pflanzenklärgelände nimmt die Sauerstoffsättigung im Mittel um 12.5 % auf 84.8 % ab (tiefster gemessener Wert: 6.4 mg/L (73.3 % bei 21.1 °C) am 23. Juli 2003), dabei kühlt auch die Wassertemperatur um etwas mehr als 1 K ab (Abb. 3.1).



Am auffälligsten sind die Sauerstoffschwankungen im daran anschliessenden Quellsee: Dieser weist von März bis November sowohl tagsüber wie auch nachts eine Sauerstoffübersättigung auf. Die täglichen Schwankungen betragen dabei im Sommer 60-80 %, während dem restlichen Jahr rund 10 %. So erreichte die Sauerstoffsättigung z.B. am Morgen des 26. August 2003 192 % (15.9 mg/L bei 23.2 °C) und am Nachmittag 270 % (20.4 mg/L bei 28.0 °C), am 16. Juli 2003 hingegen bereits morgens 242 % (18.9 mg/L bei 26.1 °C)! Auch im gemässigeren Sommer 2004 konnten ähnlich hohe Werte gemessen werden. Den höchsten Wert wurde mit 285 % (23.0 mg/L bei 26.3 °C) am Abend des 30. Juli 2004 erreicht, während im Winter der Sauerstoffgehalt bis auf 9.5 mg/L (75 % bei 4.2 °C) zurückgeht.

### 3.2.1.2 Leitfähigkeit

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit (Abb. 3.2) des Seewassers zeigt eine klare Jahresperiodik. Sie liegt in den Sommermonaten um 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und in den Wintermonaten bis maximal 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , zudem gibt es aufgrund des sich ändernden Hydrogenkarbonatgehaltes Tagesschwankungen von etwa 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Die durchschnittliche Leitfähigkeit im Teichbächlein beträgt  $475 \pm 20 \mu\text{S}/\text{cm}$  (mit einem leichten Jahresgang reziprok zum Seewasser) mit Tagesschwankungen von ebenfalls 10-20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nach der Passage des Pflanzenklärgebietes sind keine Veränderungen gegenüber dem eingeleiteten Birswasser feststellbar, die Werte sind nahezu identisch.

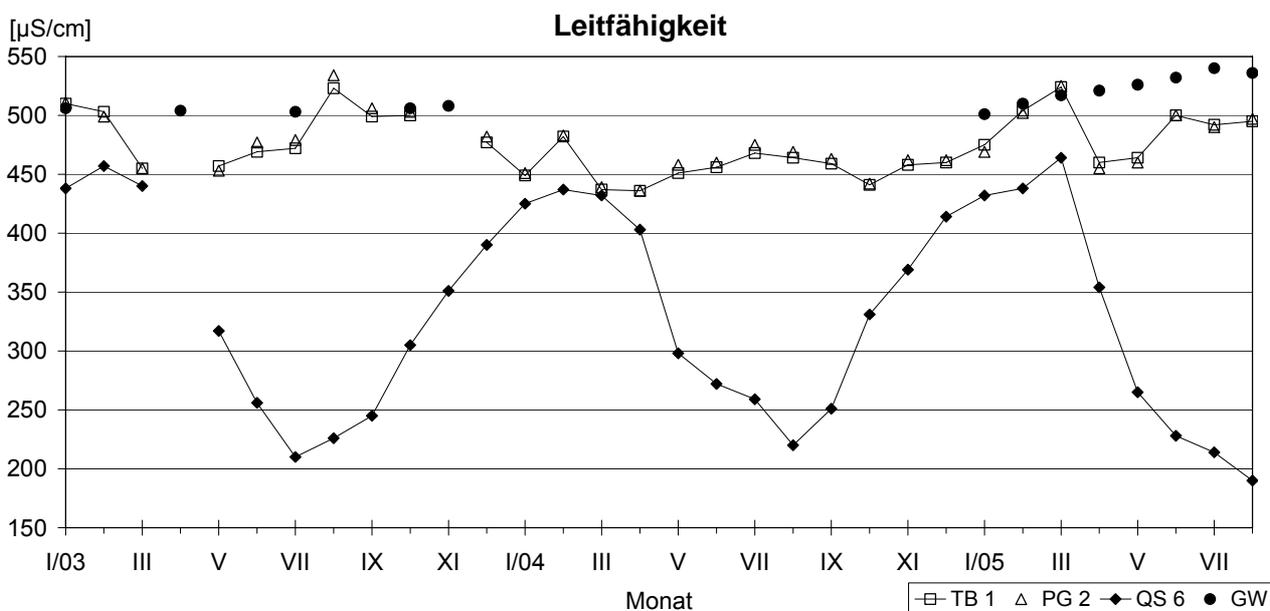


Abb. 3.2 Übersicht der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von Januar 2003 bis August 2005 (Brüglinger Ebene). Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Einlauf in das Pflanzenklärgebiet (TB 1), vom Auslauf aus dem Pflanzenklärgebiet (PG 2) und vom Auslauf aus dem Quellsee (QS 6) sowie vom Grundwasser (GW). Im Quellsee ist dabei ein besonders deutlicher Jahresgang ausgebildet.

### 3.2.1.3 Nitrat und Ammonium

Die höchsten Nitrat- und Ammoniumkonzentrationen (Abb. 3.3 & 3.4) im untersuchten Gewässersystem finden sich im Teichbächlein. Im Mittel bringt das Teichbächlein eine Nitratkonzentration von knapp 16 mg/L ins System, die mittlere Belastung mit Ammonium liegt bei 0.21 mg/L.

Während der oberflächlichen Passage durch das Schilfgebiet findet eine geringfügige, jedoch bedeutsame Reduktion bei den Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) statt. Die  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration reduziert sich meist in der Grössenordnung von 0.06 mg/L (30-40 %), kann aber – v.a. bei den jahreszeitlich bedingt höheren Grundlasten – um bis zu 0.31 mg/L zurückgehen (am 18. Februar 2004 sank die Konzentration von 0.49 auf 0.18 mg/L, was einer Reduktion von rund 63 %

entspricht). Beim Nitrat findet die Reduktion nicht so deutlich statt, sie ist mit durchschnittlich 0.9 mg/L (Abnahme von 5 % bei einer mittleren Belastung von etwa 18 mg/L  $\text{NO}_3^-$ ) gut erkennbar.

Intensivere Prozesse laufen hingegen im Quellsee ab: Im Sommer ist in der Regel weder Nitrat noch Ammonium darin vorhanden (hohe Phytoplanktonproduktion). Von Mai bis November 2003 wurde beinahe der gesamte mineralische Stickstoff metabolisiert, im Sommer 2004 und 2005 (von Mai bis August/September) konnte gar kein Nitrat und fast kein Ammonium mehr gemessen werden. Die mittlere Reduktion von Nitrat im Quellsee liegt bei 77.6 % (entspricht 12.3 mg/L). Beim Ammonium vermindert sich diese mittlere Reduktion auf „nur“ 25.9 %, da jeweils in den Wintermonaten (Januar bis März) die  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration im See (0.3-0.6 mg/L) deutlich über der des zugeführten Wassers liegt (0.1-0.5 mg/L). Während der Winterzeit erhöht sich die Nitratkonzentration im Quellsee ebenfalls, doch diese ist gegenüber dem zugeführten Birswasser auch in dieser relativ unproduktiven Zeit um 30-50 % (Mittelwert: 39.1 %) geringer.

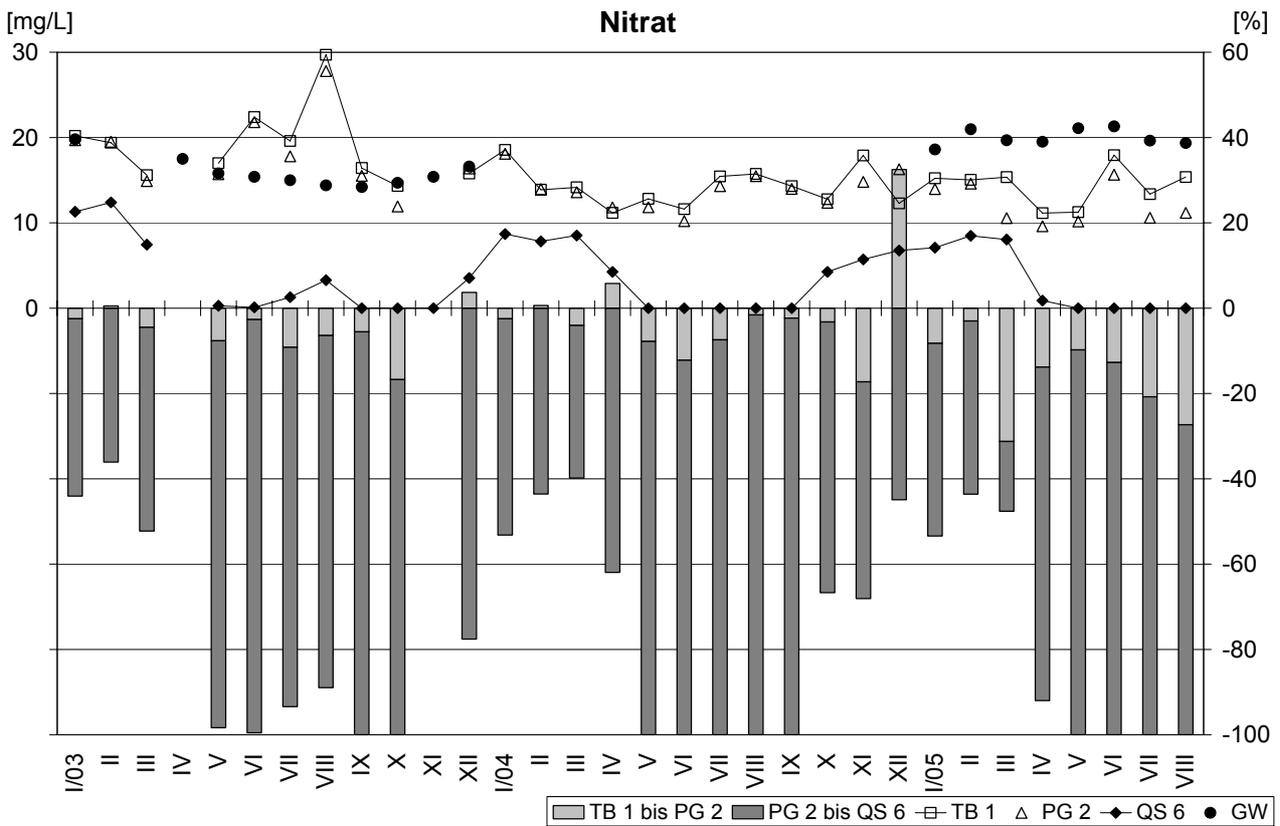


Abb. 3.3 Obere Grafikhälfte: Übersicht Nitratkonzentration von Januar 2003 bis August 2005 (Brüglinger Ebene). Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Einlauf in das Pflanzenklärgebiet (TB 1), vom Auslauf aus dem Pflanzenklärgebiet (PG 2) und vom Auslauf aus dem Quellsee (QS 6) sowie vom Grundwasser (GW). Untere Grafikhälfte: Prozentuale Zu- oder Abnahme der Nitratkonzentration im Jahresverlauf in den beiden Kompartimenten. Einer meist nicht spektakulären Reduktion im Pflanzenklärgebiet folgt im Quellsee – v.a. in der warmen Jahreszeit – eine beinahe vollständige Elimination.

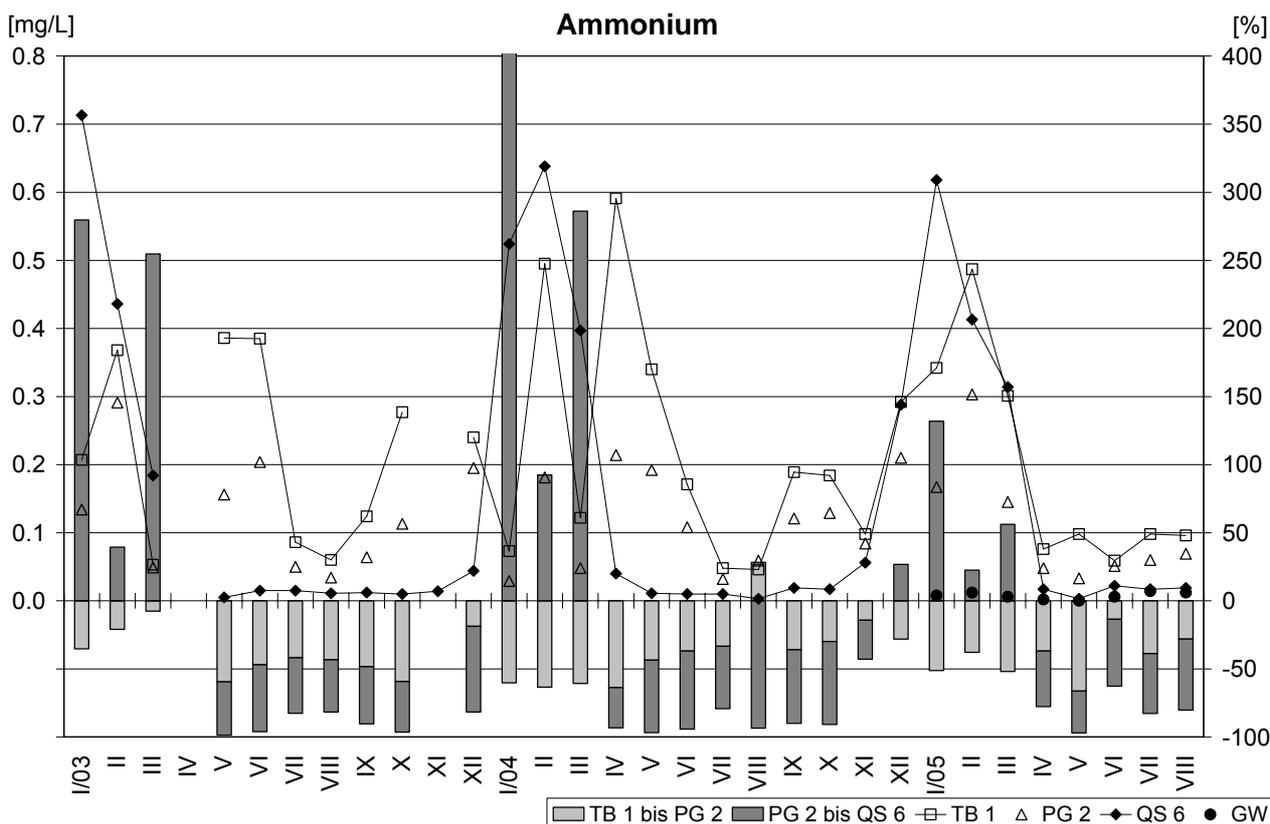


Abb. 3.4 Obere Grafikhälfte: Übersicht Ammoniumkonzentration von Januar 2003 bis August 2005 (Brüglinger Ebene). Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Einlauf in das Pflanzenklärgebiet (TB 1), vom Auslauf aus dem Pflanzenklärgebiet (PG 2) und vom Auslauf aus dem Quellsee (QS 6) sowie vom Grundwasser (GW). Untere Grafikhälfte: Prozentuale Zu- oder Abnahme der Ammoniumkonzentration im Jahresverlauf in den beiden Kompartimenten. In den Sommermonaten wird das Ammonium im Quellsee beinahe vollständig eliminiert. Während den kalten Monaten, von Januar bis März, übersteigt die Ammoniumkonzentration beim Auslauf aus dem See hingegen den Input (Birswasser). Der Balken von I/04 wurde aus dem Grund der besseren Darstellung beschnitten, sein effektiver Wert beträgt +678.1 %.

#### 3.2.1.4 Ortho-Phosphat

Die Ortho-Phosphatkonzentration (Abb. 3.5) im Teichbächlein unterliegt grossen Schwankungen mit Spitzen in den Sommermonaten und liegt zwischen 0.02 und 0.19 mg/L (Mittelwerte: Sommer 0.11 mg/L, Winter 0.08 mg/L). Undeutlich sind die Reinigungseffekte beim gelösten Phosphat während der Passage im Pflanzenklärgebiet: Manchmal zeigt sich eine Abnahme um 5-20 %, es kann aber auch kein Effekt oder gelegentlich sogar eine Zunahme während der Passage gemessen werden. Im Mittel aller Messungen bleibt bei der Passage des Pflanzenklärgebietes keine Reduktion feststellbar. Eine Zunahme der Ortho-Phosphatkonzentrationen ist eher in den Sommermonaten festzustellen, wenn die Grundfracht des Zubringers (Teichbächlein) auch etwas höher ist. Wie bei den N-Verbindungen wird das Ortho-Phosphat im Quellsee jedoch effizient entfernt: Im Mittel geht die Konzentration gegenüber dem Teichbächlein um 75.4 % zurück, relativ unabhängig von der Jahreszeit.

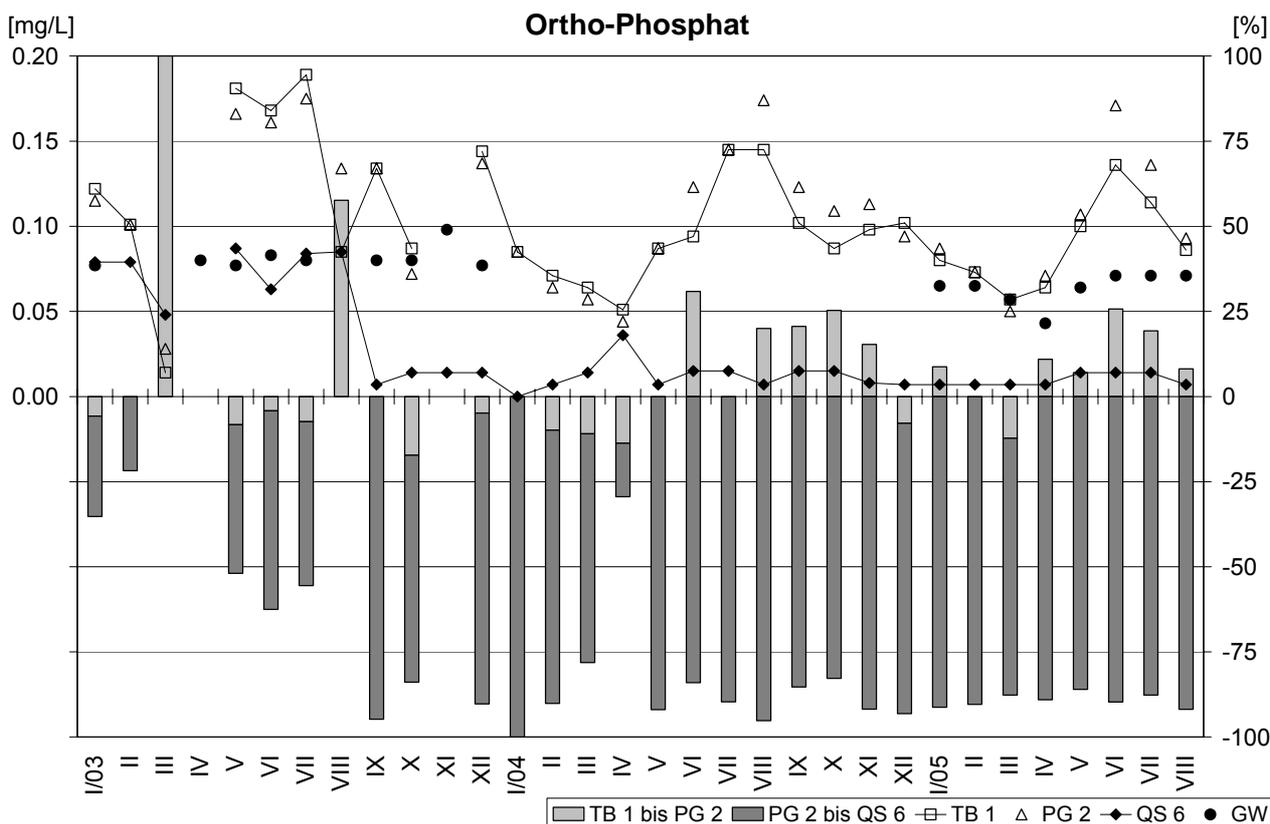


Abb. 3.5 Obere Grafikhälfte: Übersicht Ortho-Phosphatkonzentration von Januar 2003 bis August 2005 (Brüglinger Ebene). Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Einlauf in das Pflanzenklärgelände (TB 1), vom Auslauf aus dem Pflanzenklärgelände (PG 2) und vom Auslauf aus dem Quellsee (QS 6) sowie vom Grundwasser (GW). Untere Grafikhälfte: Prozentuale Zu- oder Abnahme der Ortho-Phosphatkonzentration im Jahresverlauf in den beiden Kompartimenten. In den Sommermonaten findet im Pflanzenklärgelände nur selten eine Reduktion statt (hellgraue Balkenabschnitte), während beim QS 6 die Abbauraten ganzjährig meist > 80 % betragen (dunkelgraue Balkenabschnitte). Aus dem Grund der besseren Darstellung wurde der Balken von III/03 beschnitten, sein effektiver Wert beträgt +242,8 %.

### 3.2.1.5 Bakteriologie

Im Pflanzenfilter kann eine klare Tendenz in Richtung Verminderung von Fäkalbakterien (*E. coli* und totale koliforme Keime) beobachtet werden, welche aber erst bei Einbezug des Quellsees signifikant wird. Während im Teichbächlein der Mittelwert bei 1'855 Keimen pro 100 mL liegt (monatliche Schöpfproben und Proben der „Trübungswellen“), ist nach der Passage des Pflanzenfilters der Mittelwert um 15,7 % niedriger (1'564 KBE/100mL). Eindrücklich ist die Situation nach der Seepassage: Im Mittel ist die *E. coli*-Keimzahl beim Seeaustritt um 92,7 % (!) auf 135 KBE/100mL zurückgegangen (Abb. 3.6). Dabei sind saisonale Effekte erkennbar (Abb. 3.7). Für die totale koliforme Keimzahl sieht das Bild ähnlich aus: Im Pflanzenklärgelände findet gegenüber dem Teichbächlein eine Reduktion um 5,5 % statt, im See sogar um > 80 % (5'315 KBE/100mL beim Einlauf gegenüber 647 KBE/100mL).

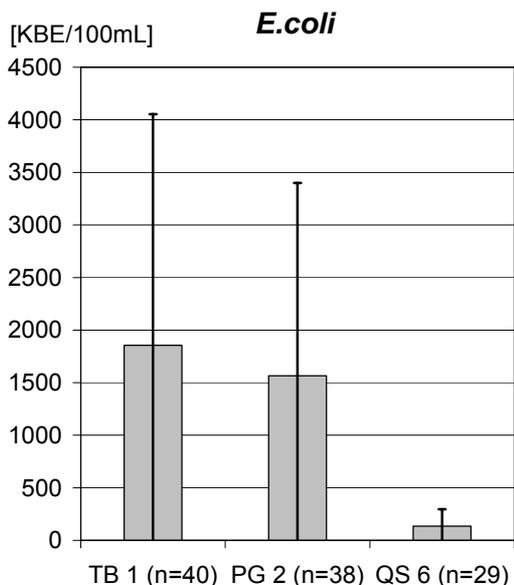


Abb. 3.6 Die Zusammenfassung aller Daten (monatliche Schöpfproben ab Dezember 2003 bis August 2005 und Proben der „Trübungswellen“) bezüglich bakterieller Belastung zeigt eine eindeutige Keimabnahme mit der Fließstrecke durch das Pflanzenklärgebiet, die Reduktion im Quellsee ist jedoch viel ausgeprägter. Gegenüber dem eingeleiteten Birswasser ist die Anzahl E.coli-Keime beim Seeaustritt um 92.7 % reduziert.

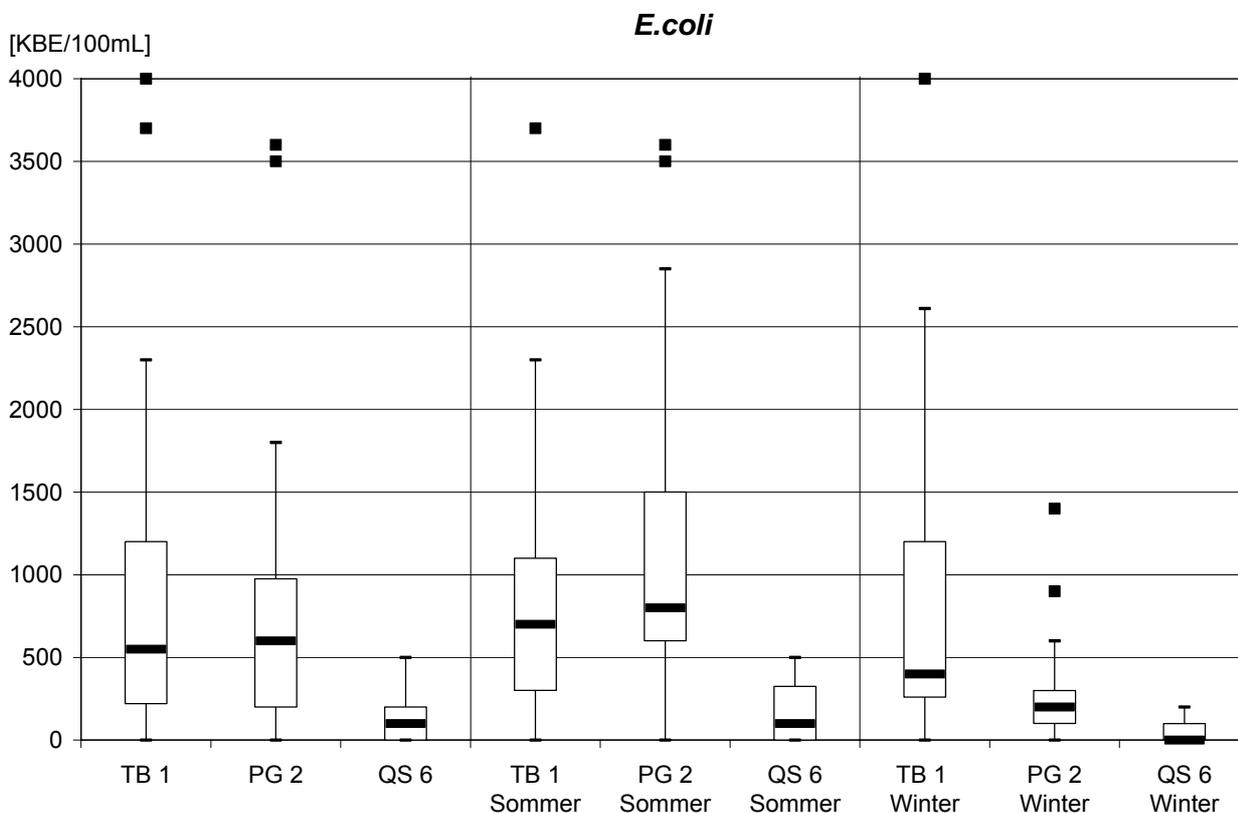


Abb. 3.7 Anzahl E.coli-Kolonien im Teichbächlein (TB 1), nach Durchfluss durch das Pflanzenklärgebiet (PG 2) und nach der Seepassage (QS 6) (monatliche Schöpfproben von Dezember 2003 bis August 2005 sowie deren Aufteilung in Sommer und Winter). Die Boxen markieren die 25 %- und 75 %-Perzentile, der schwarze Balken den Median. Die Enden der Linien kennzeichnen die Minima und Maxima, Punkte die Ausreisser, die mehr als 1.5 Boxlängen vom jeweiligen Rand der Boxen entfernt liegen (n=20; So n=11, Wi n=9). Es sind v.a. im PG die saisonalen Effekte auffällig.

### 3.2.1.6 Trübung

Ein deutlicher Reinigungseffekt zeigt sich bei der Trübung: Selbst bei sehr klarem Birswasser (um 2 FNU) findet eine Reduktion um ca. 50 % statt. Im Mittel wird die Trübung im Sommer um 47.7 %, im Winter um 44.6 % vermindert. Der beste Reinigungseffekt ist bei einer hohen Grundlast an Trübstoffen im Birswasser erkennbar. Besonders deutlich ist die Schwebstoffentfernung beim

„Experiment Trübungswelle“ abgelaufen: Am 13. Januar 2004 um 9:20 Uhr wurde Birswasser mit rund 140 FNU auf ca. 20 FNU, nach einigen Stunden solches von rund 80 FNU auf ca. 10 FNU gesäubert (Abb. 3.8). Am 3. Juni 2004 sah die Situation ähnlich aus: Birswasser mit einer Trübung um die 150 FNU wurde auf rund 40 FNU nach dem Schilfgebiet geklärt.

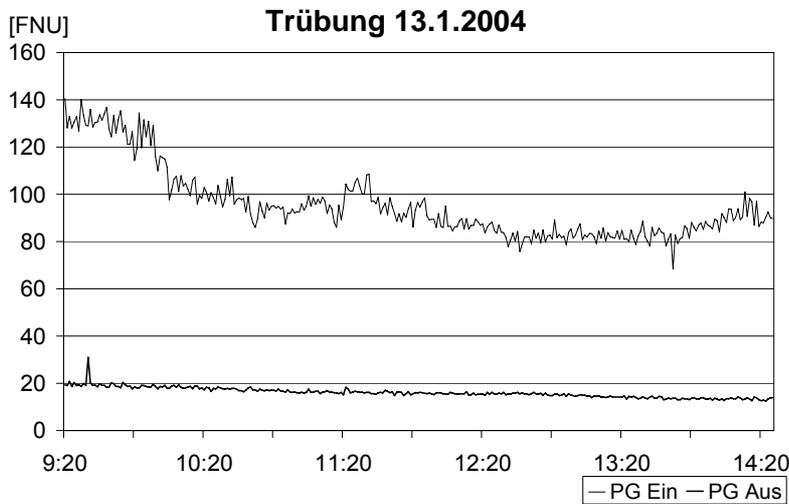


Abb. 3.8 Während des Experimentes „Trübungswelle“ wurde vor (PG Ein) und nach (PG Aus) der Passage durch das Pflanzenklärgelände die Trübung mittels zweier Sonden permanent aufgezeichnet. Der Reinigungseffekt bezüglich der mitgeführten Schwebstofffracht ist offensichtlich.

Wie oben gezeigt wurde, entfernt das Pflanzenklärgelände rund die Hälfte der Schwebstoffe des Birswassers (Halbierung der Trübung). Der Quellsee präsentiert sich dann aber nicht, wie sein Name vermuten lässt, quellklar. Trotz der Speisung mit schwebstoffreduziertem Birswasser und trübungsfreiem Grundwasser ist der Quellsee das ganze Jahr über trübe. In den Wintermonaten ist die Trübung des Quellsees mit 7.6 FNU um rund 21 % geringer als jene des Birswassers im Teichbächlein (9.8 FNU), während in den Sommermonaten die Trübung um beinahe 200 % zunimmt (19.6 FNU bei QS 6 gegenüber 7.0 FNU im TB). Auffallend ist der markante Unterschied zwischen den Jahren 2003 und 2004: im ersten Jahr der Messungen war die Trübung am Ende des Quellsees rund doppelt so hoch wie im Folgejahr (24.9 gegenüber 12.2 FNU (Mittelwerte)). Weitere Ausführungen zur Trübung mit Einbezug der Secchi-Sichttiefe finden sich bei Stucki (2006).

### 3.2.1.7 Übrige Parameter (DOC, UV-Extinktion, pH, Sulfat- und Chloridkonzentration)

Während der Passage durch das Pflanzenklärgelände steigt der DOC minimal an (< 2 %). Der bedeutendere Anstieg ist im Quellsee auszumachen: gegenüber dem Teichbächlein (2.11 mg/L) steigt die DOC-Konzentration im Mittel um rund 67 % beim Auslauf des Quellsees an (3.54 mg/L). Dabei ist diese Anreicherung im Winter etwas geringer als im Sommer. Die Schwankungen sind jedoch von Monat zu Monat zu gross, um ein typisches Verhalten ablesen zu können.

Die UV-Extinktion nimmt bei Passage des Schilfgebietes von durchschnittlich 5.1 auf 5.6 Einheiten zu (Zunahme um 7.0 %, im Winter etwas geringer als im Sommer). Im Quellsee erhöht sich der spektrale Absorptionskoeffizient um rund 30 % gegenüber dem Birswasser. Auch hier fällt der Sommer (wertemässig) etwas stärker ins Gewicht.

Der pH-Wert verändert sich sowohl während der Passage im PG und im QS nur unwesentlich. Er schwankt zwischen 7.6 und 8.5 (Mittelwerte: TB 1: 8.1, PG 2: 8.0, QS 6: 8.1), das ganze System befindet sich also immer in gut gepuffertem Zustand.

Die Veränderungen der Sulfat- und Chloridkonzentrationen sind so heterogen und marginal, dass auch keine Signifikanzen abgelesen werden können. Das Chlorid liegt mit einer mittleren Konzentration von 11.19 mg/L im Birswasser vor, die Sulfatkonzentration beträgt dort 19.25 mg/L.

### 3.2.2 Étang U in der Petite Camargue Alsacienne

Obwohl auch der Étang U künstlich erstellt wurde, kann er – im Vergleich mit der Bauweise (und den Baumaterialien) der Gewässer in der Brüglinger Ebene – als natürlich bezeichnet werden. Aufgrund seines Alters von rund 150 Jahren und der geringen Wassertiefe hat er den natürlichen Entwicklungsprozess zum Sumpf bereits beschritten. Nur dank der Reaktivierung besteht er seit fünf Jahren wieder als Weiher.

#### 3.2.2.1 Sauerstoff

Dass die Mittelwerte (Zufluss CH 2: 89.6 %, 9.8 mg/L; Auslauf EU 3: 93.2 %, 10.7 mg/L) wenig über die wirkliche Situation im Étang U aussagen, wird bei einem Blick auf Abb. 3.9 klar. In den Frühjahrsmonaten Februar bis April ist beim Auslauf des Étang U eine starke Übersättigung mit Sauerstoff gemessen worden. Von Juni bis November findet im See hingegen ein Verbrauch des Sauerstoffs statt. Entsprechend gehen die Werte des Sauerstoffgehaltes bis unter 4 mg/L zurück.

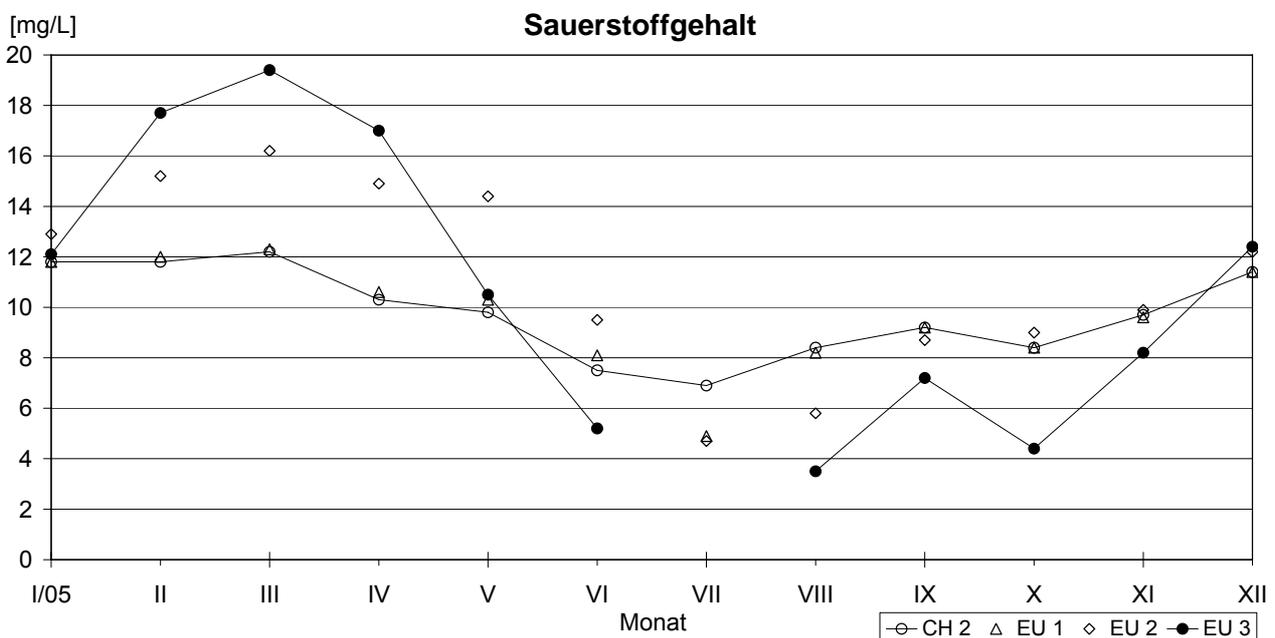


Abb. 3.9 Übersicht der Sauerstoffgehalte von Januar bis Dezember 2005 im Étang U. Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen des aus der Rigole abgezweigten Rheinwassers (CH 2), vom Einlauf in den See (EU 1), einem Eckpunkt des Sees nicht in Fliessrichtung (EU 2) und vom Auslauf des Sees (EU 3). Auffallend ist nicht nur der starke Anstieg der Sauerstoffgehalte in den Frühjahrsmonaten sondern auch der rasche Absturz im Sommer – in deutlichem Kontrast zum Quellsee, der ganzjährig hohe Werte ausweist (vgl. Abb. 3.1).

#### 3.2.2.2 Leitfähigkeit

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit zeigt im Étang U bei EU 3 aufgrund der stark verminderten Werte im April und Mai keinen Jahresgang, während bei EU 2 ansatzweise ein solcher ersichtlich ist (Abb. 3.10). Der Mittelwert liegt beim Auslauf des Sees bei 347  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Im Zufluss (CH 2) liegt der Mittelwert bei 370  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , wobei ein deutlicher Jahresgang erkennbar ist.

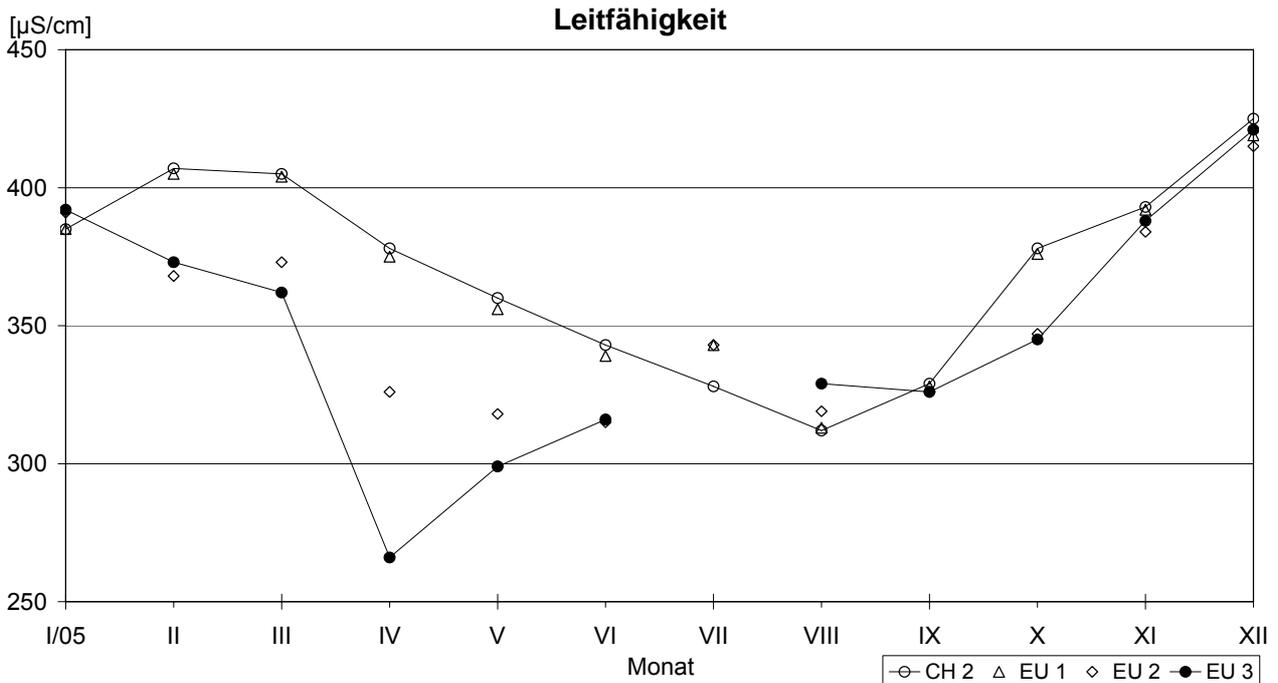


Abb. 3.10 Übersicht der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von Januar bis Dezember 2005 im Étang U. Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen des aus der Rigole abgezweigten Rheinwassers (CH 2), vom Einlauf in den See (EU 1), einem Eckpunkt des Sees nicht in Fließrichtung (EU 2) und vom Auslauf des Sees (EU 3).

### 3.2.2.3 Nitrat und Ammonium

Am Ende der Passage durch den Étang U wird eine deutliche Reduktion des Nitrates gemessen. Im Mittel sinkt die Nitratkonzentration von 6.7 mg/L auf 4.9 mg/L (entspricht -26.5 %, Median: -36.6 %), wobei die monatlichen Unterschiede – zwischen +30 % und -70 % schwankend – beachtlich sind, Abb. 3.11). Die Reduktion des Nitrates ist somit nicht so ausgeprägt wie im Grand Marais. Die stärksten Abnahmen sind in den Sommermonaten auszumachen.

Beim Ammonium zeigt sich ein unklares Bild: Im Mittel findet eine Zunahme von 9.3 % statt (CH 2: 0.08 mg/L, EU 3: 0.09 mg/L), der Median hingegen weist auf eine Reduktion um -7.3 %. Der Étang U zeigt jahreszeitliche Unterschiede: Von Oktober bis März reduziert sich hier die Ammoniumkonzentration deutlich und die höchsten Werte werden im Sommer gemessen. Somit verhält er sich genau gegenteilig zum Quellsee.

Da mangels Wasser im Juli von EU 3 keine Daten vorhanden sind, wurden für die Darstellung der gegenläufigen Jahrgänge von Nitrat und Ammonium die monatlichen Werte aller Beprobungspunkte (EU 1-3) gemittelt (Abb. 3.12). Die vollständige Elimination des Nitrates im Juli mit einer starken Zunahme der Ammoniumkonzentration entspricht dem erwarteten Effekt der Denitrifikation bei einem sauerstoffarmen Milieu (vgl. Abb. 3.9).

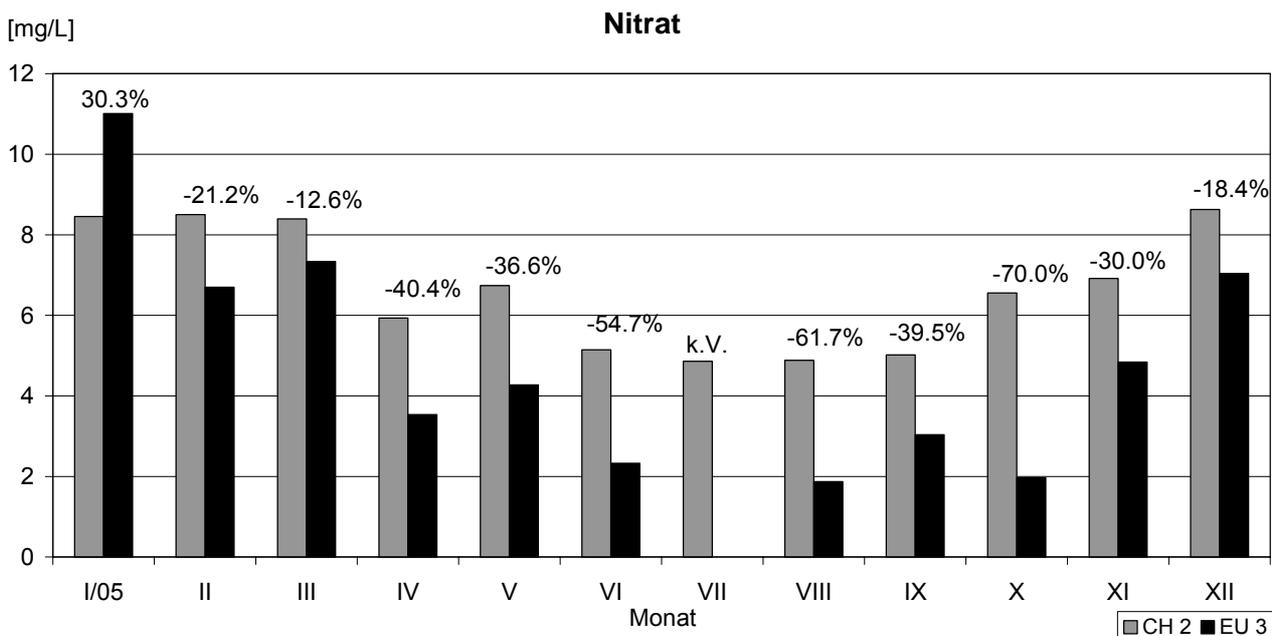


Abb. 3.11 Nitratkonzentration und deren Veränderung im Étang U im Jahresverlauf. Die Werte über den Balken zeigen die Ab-/Zunahme am Ende des Fliessweges (EU 3) gegenüber dem aus der Rigole (CH 2) abgezweigten Rheinwasser (k.V. = kein Vergleich möglich aufgrund fehlender Probe). Die mittlere Reduktion des Nitrats (26.5 %) ist im Vergleich zu den anderen hier vorgestellten Gebieten eher gering.

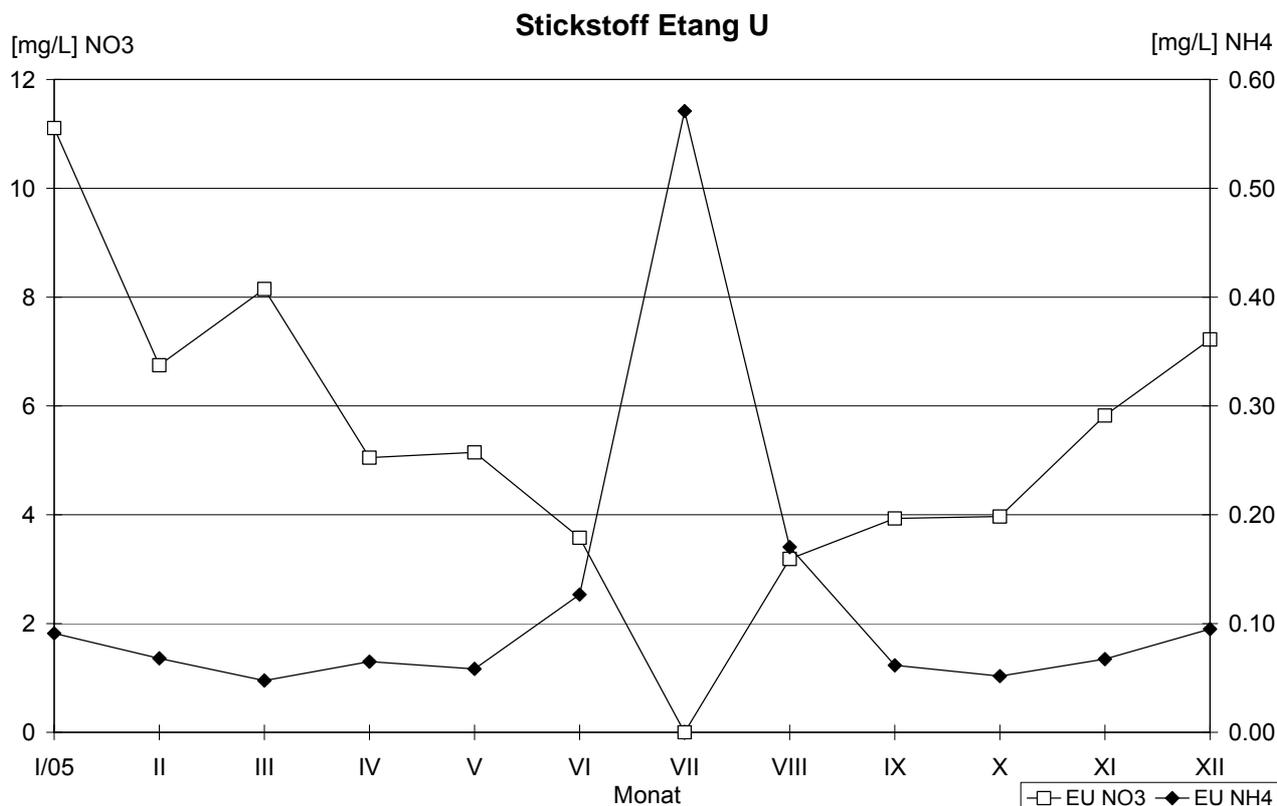


Abb. 3.12 Nitrat- und Ammoniumkonzentration im Étang U im Jahresverlauf. Es wurden jeweils alle drei Standorte (EU 1-3) gemittelt; im Juli fehlt dabei EU 3. Die vollständige Elimination des Nitrates im Juli mit einer starken Zunahme des Ammoniums entspricht dem erwarteten Effekt der Denitrifikation bei einem sauerstoffarmen Seemilieu (vgl. Abb. 3.9).

### 3.2.2.4 Ortho-Phosphat

Die Konzentration des Ortho-Phosphates nimmt während der Seepassage (im Mittel) von 0.06 mg/L deutlich um 43.9 % auf 0.03 mg/L ab (Median: -50.9 %). Die Unterschiede von Monat zu Monat sind allerdings gross und ohne saisonale Abhängigkeit (Abb. 3.13).

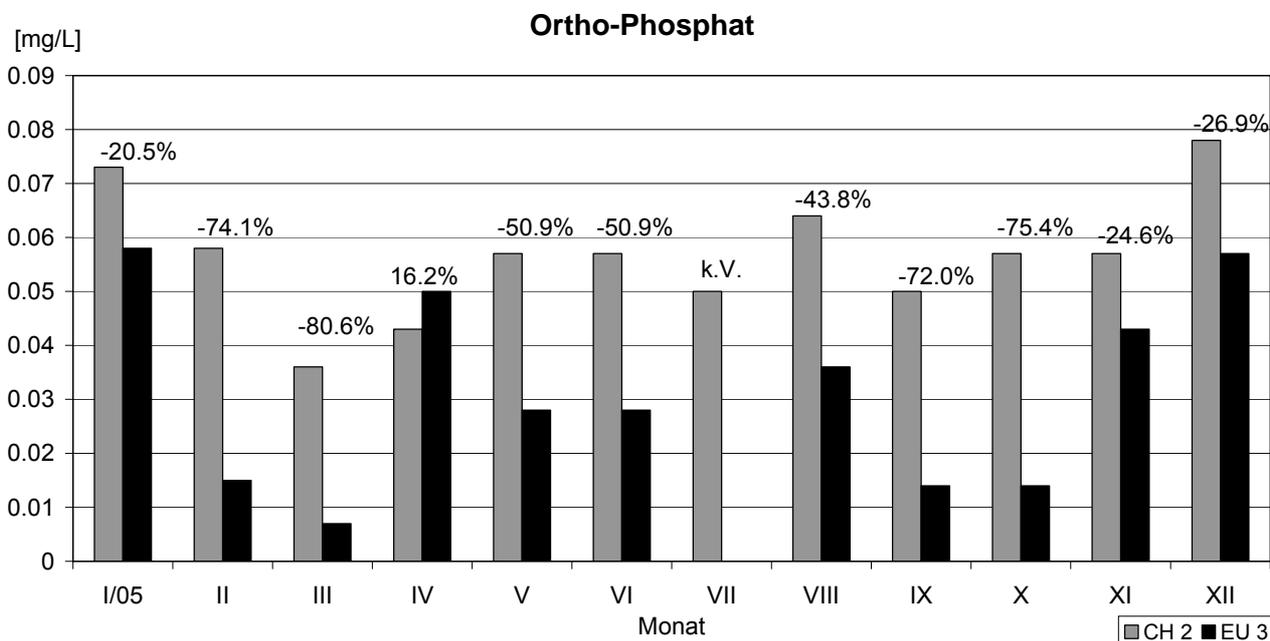


Abb. 3.13 Ortho-Phosphatkonzentration und deren Veränderung im Étang U im Jahresverlauf. Die Werte über den Balken zeigen die Ab-/Zunahme am Ende des Fließweges (EU 3) gegenüber dem aus der Rigole (CH 2) abgezweigten Rheinwasser (k.V.= kein Vergleich möglich aufgrund fehlender Probe). Die auffallenden Schwankungen von Monat zu Monat lassen keine deutliche Aussage zu, obwohl die Konzentration im Mittel um 43.9 % abnimmt.

### 3.2.2.5 Bakteriologie

Während der Seepassage (CH 2 – EU 3) werden die untersuchten Keime stark reduziert. *E.coli* vermindern sich um 91.9 % von 675 auf 55 KBE/100mL. Bei der totalen koliformen Keimzahl sieht das Bild ähnlich aus: 708 KBE/100mL werden um 58.9 % auf 291 KBE/100mL reduziert (Abb. 3.14 & 3.15).

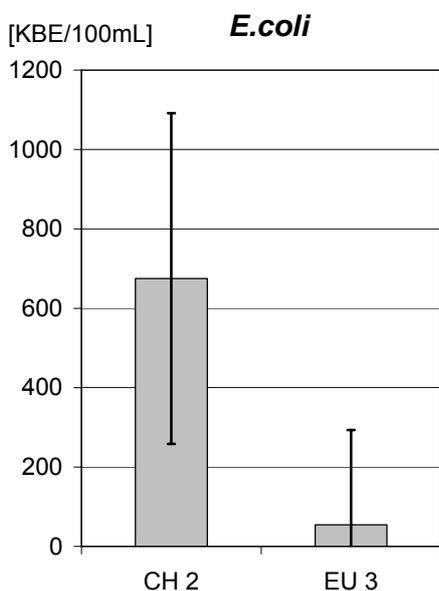


Abb. 3.14 Die Zusammenfassung der monatlichen Schöpfproben im 2005 bezüglich bakterieller Belastung zeigt eine sehr deutliche Keimabnahme (um 91.9 %) mit der Fließstrecke durch den Étang U.

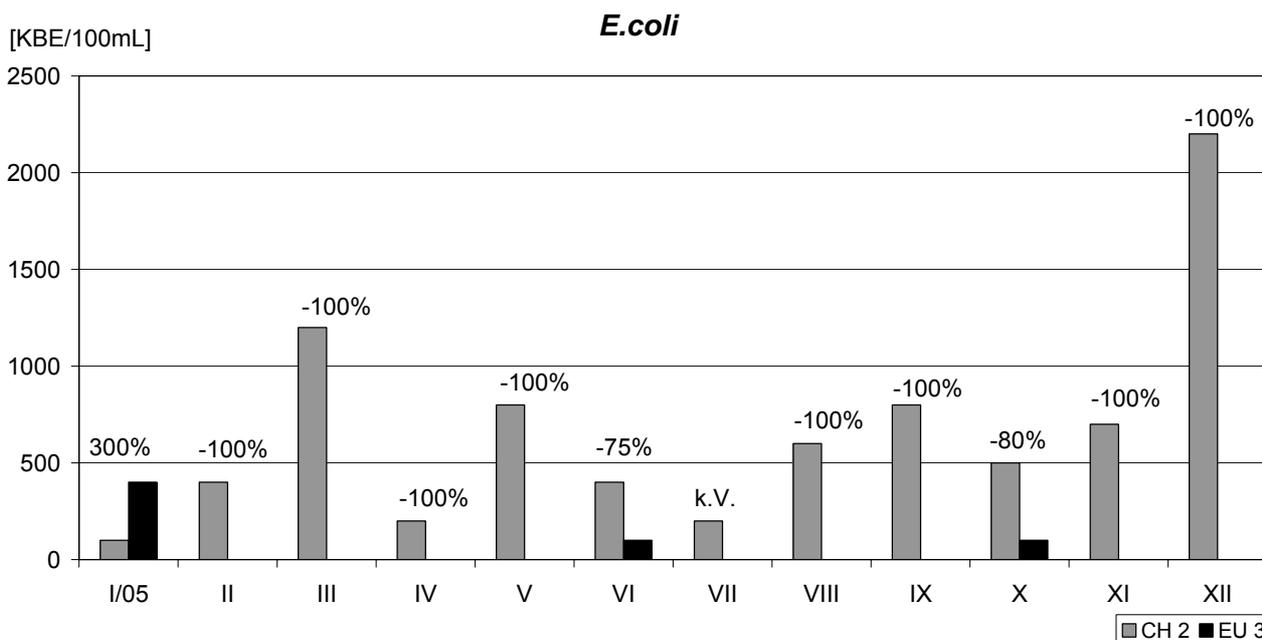


Abb. 3.15 Anzahl koloniebildender Einheiten von E.coli-Bakterien und deren Abnahme im Étang U im Jahresverlauf. Die Werte über den Balken zeigen die Reduktion am Ende des Étang U (EU 3) gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser (CH 2). Auffallend ist die vollständige Elimination der Keime in dreiviertel der Messungen, während im Januar noch eine deutliche Zunahme gemessen wurde.

### 3.2.2.6 Trübung

Die Trübung beim Auslauf des Sees (EU 3) ist ganzjährig gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser deutlich reduziert (Abb. 3.16): Im Mittel ist sie mit 2.3 FNU um 72.6 % niedriger als in der Rigole (CH 2: 8.2 FNU).

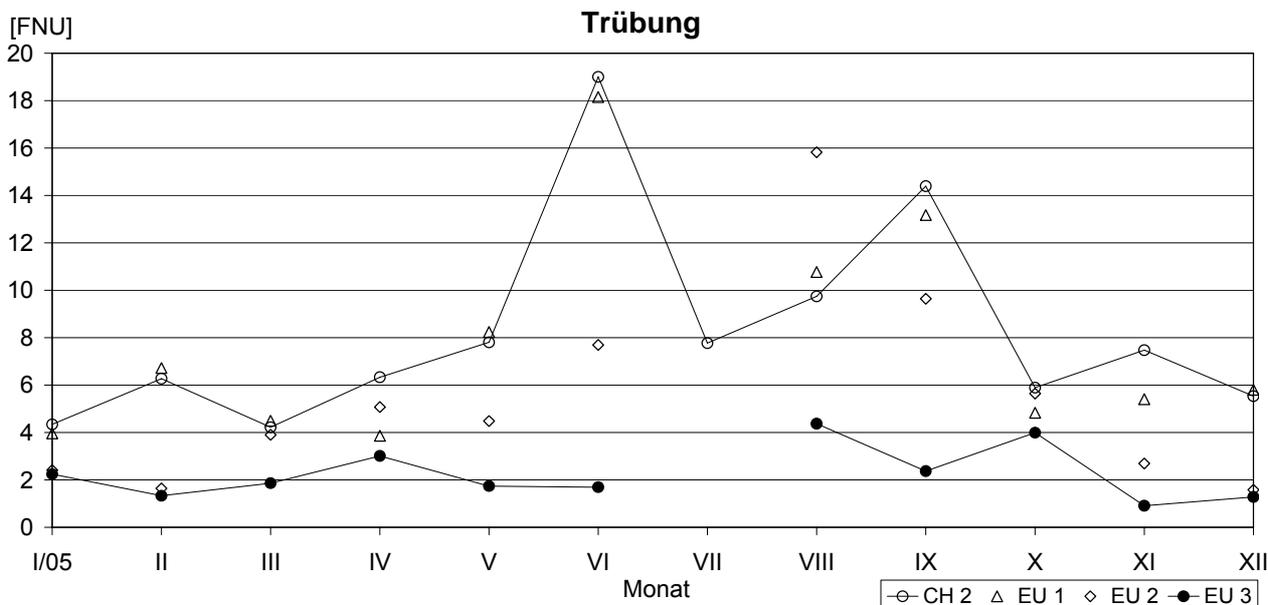


Abb. 3.16 Trübung im Jahresverlauf von Januar bis Dezember 2005 im Étang U. Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen des aus der Rigole abgezweigten Rheinwassers (CH 2), vom Einlauf in den See (EU 1), einem Eckpunkt des Sees nicht in Fließrichtung (EU 2) und vom Auslauf des Sees (EU 3).

### 3.2.2.7 Übrige Parameter (DOC, UV-Extinktion, pH, Sulfat- und Chloridkonzentration)

Im Étang U findet eine Zunahme des DOC-Gehaltes sowie der UV-Extinktion statt. Der DOC steigt im Mittel um 33.6 % an, was sich mit den Zunahmen im Grand Marais in etwa deckt. Die UV-Extinktion nimmt hingegen (im Mittel) nur um 26.3 % zu (im Grand Marais um 57.3 %).

Die pH-Werte nehmen nur unwesentlich um  $< 1\%$  von 7.9 auf 8.0 zu. Die Veränderungen bei den Mineralgehalten sind ebenso marginal.

### 3.2.3 Grand Marais in der Petite Camargue Alsacienne

Im Grand Marais, einem ehemaligen Altarm des Rheines, durchfließt das aus der Rigole eingeleitete Rheinwasser in vielen Windungen eine grosse Schilf- und Riedwiesenzone (im südlichen Bereich), passiert anschliessend einen grösseren Flachseebereich, bevor es als Bach unter dem Canal de Huningue hindurch das Gebiet verlässt (Abb. 2.3). Es handelt sich somit um die längste im Rahmen des Projektes untersuchte Fliesstrecke, die zudem am meisten einer natürlichen Aue entspricht.

#### 3.2.3.1 Sauerstoff

Während die Sauerstoffversorgung im Rheinwasser (CH 1) wie erwartet ausgeglichen ist, findet im Grand Marais im Mittel eine leichte Abnahme der Sauerstoffsättigung statt: von 93.2 % (9.9 mg/L) auf 88.2 % (9.7 mg/L). Auffallend sind die Monate Mai und September, bei denen gegenüber dem Rheinwasser am Ende der Fliesstrecke eine leichte Übersättigung gemessen wurde (Abb. 3.17).

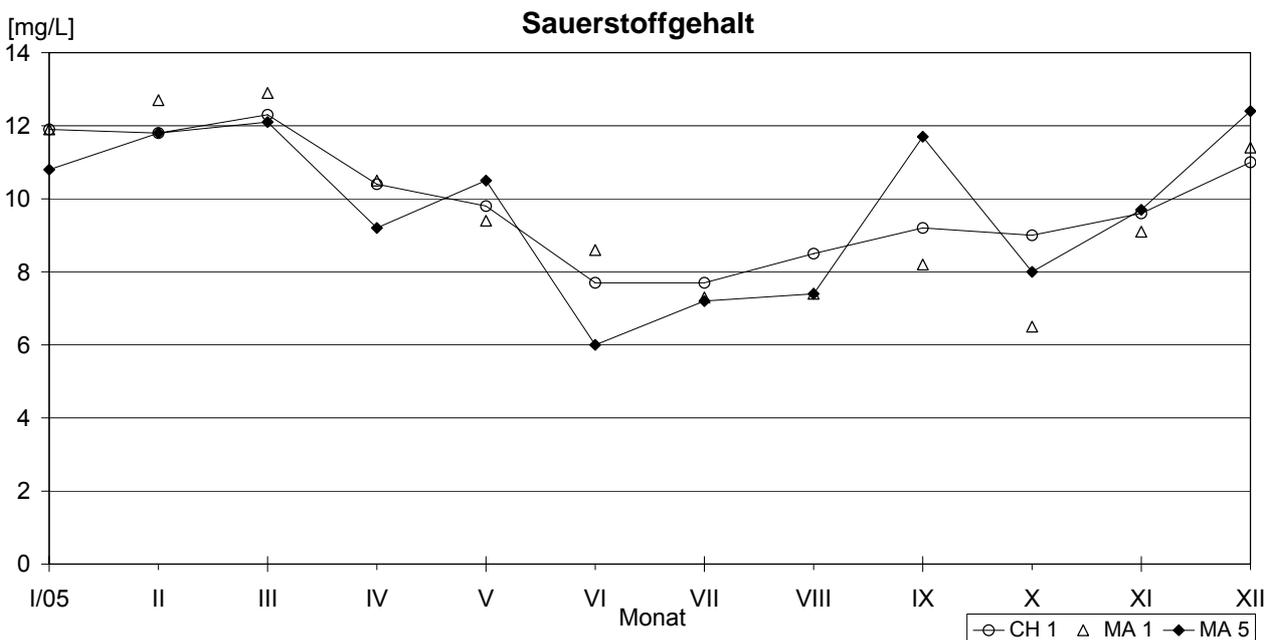


Abb. 3.17 Übersicht der Sauerstoffgehalte von Januar bis Dezember 2005 im Grand Marais. Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Canal de Huningue (CH 1), vom ersten Messpunkt zu Beginn des Grand Marais (MA 1) und vom Ende der Fliesstrecke im Grand Marais (MA 5).

### 3.2.3.2 Leitfähigkeit

Im Zufluss (CH 1) liegt der Mittelwert der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit bei 370  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , wobei ein deutlicher Jahresgang erkennbar ist. Dieser Jahresgang ist auch am Ende des Grand Marais (MA 5) ersichtlich (Abb. 3.18). Allerdings findet Anfang des Jahres gegenüber dem Rheinwasser eine Verminderung statt, während in den Sommermonaten der Wert am Ende der Fließstrecke erhöht ist. Der Mittelwert bei MA 5 beträgt 378  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

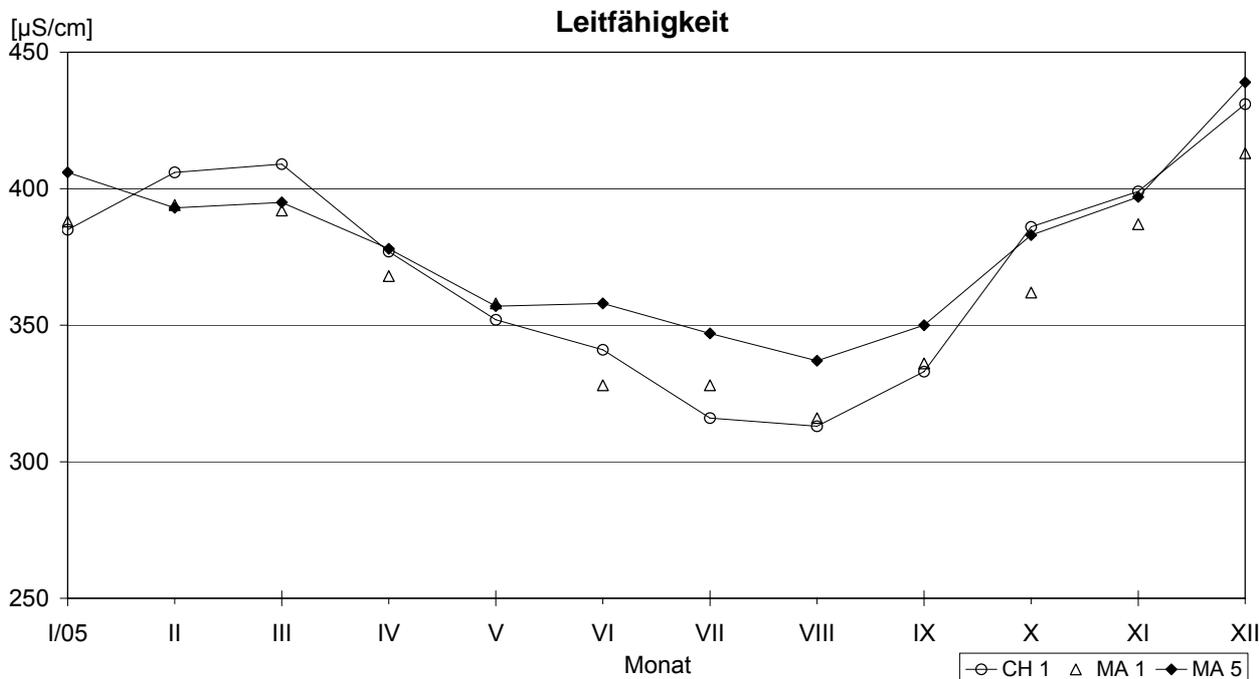


Abb. 3.18 Übersicht der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit von Januar bis Dezember 2005 im Grand Marais. Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Canal de Huningue (CH 1), vom ersten Messpunkt zu Beginn des Grand Marais (MA 1) und vom Ende der Fließstrecke im Grand Marais (MA 5).

### 3.2.3.3 Nitrat und Ammonium

Während der Passage durch das Grand Marais findet eine deutliche Reduktion des Nitrates statt. Im Mittel sinkt die Nitratkonzentration von 7.0 mg/L auf 3.2 mg/L (entspricht -54.8 %, (Median: -52.8 %)). Die Abnahme schwankt dabei zwischen vollständiger Elimination (-100 %) im September und einer Reduktion um „nur“ 23.0 % im November. Interessant ist die kontinuierlich steigende Reduktion von März (-33.6 %) bis zur erwähnten vollständigen Abnahme im September und dem anschließenden „Sprung“ auf eine geringe Reduktion der Nitratkonzentration (Abb. 3.19).

Die Ammoniumkonzentrationen unterliegen deutlichen Schwankungen. Im Mittel findet eine Abnahme um 23.0 % (Median: -22.3 %) statt (CH 1: 0.10 mg/L, MA 5: 0.07 mg/L), es können aber – v.a. im Frühjahr und Sommer – auch grössere Abnahmen gemessen werden. Eine klare Zunahme während der Fließstrecke ist im Oktober und Dezember feststellbar.

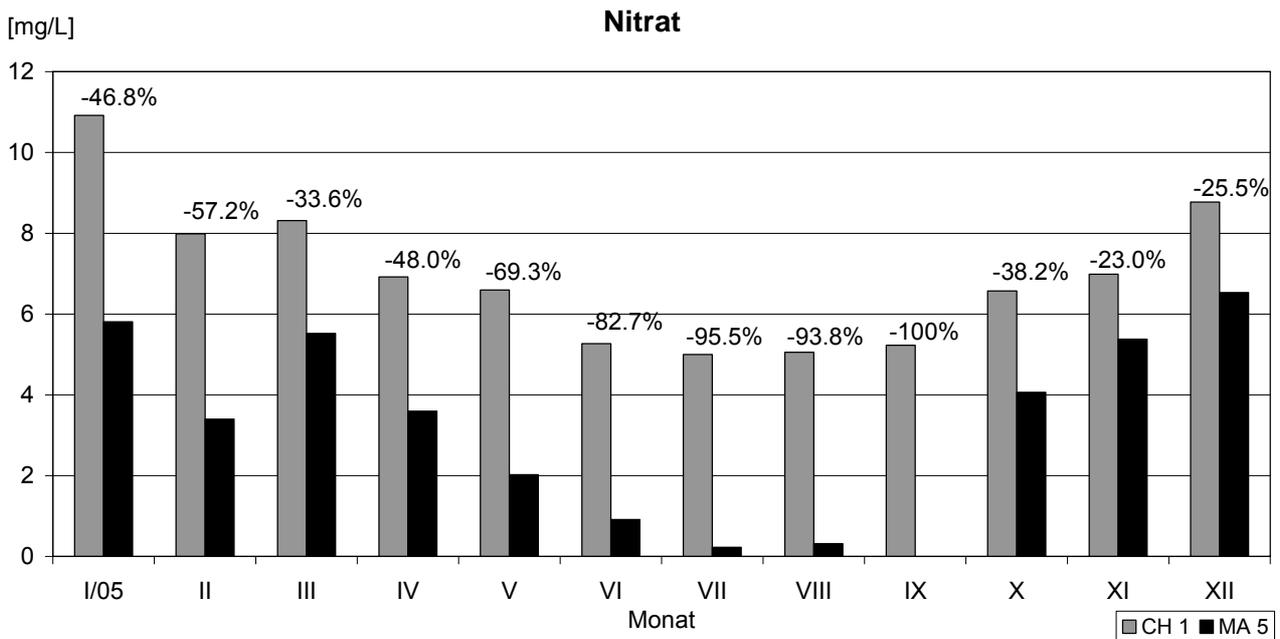


Abb. 3.19 Nitratkonzentration und deren Abnahme im Grand Marais im Jahresverlauf. Die Werte über den Balken zeigen die Reduktion am Ende des Grand Marais (MA 5) gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser (CH 1).

#### 3.2.3.4 Ortho-Phosphat

Während der Passage durch das Grand Marais findet durchwegs eine starke Reduktion des Ortho-Phosphates statt. Im Mittel sinkt die Konzentration von 0.06 mg/L auf 0.01 mg/L (entspricht -78.6 %, Median: -86.0 %) (Abb. 3.20).

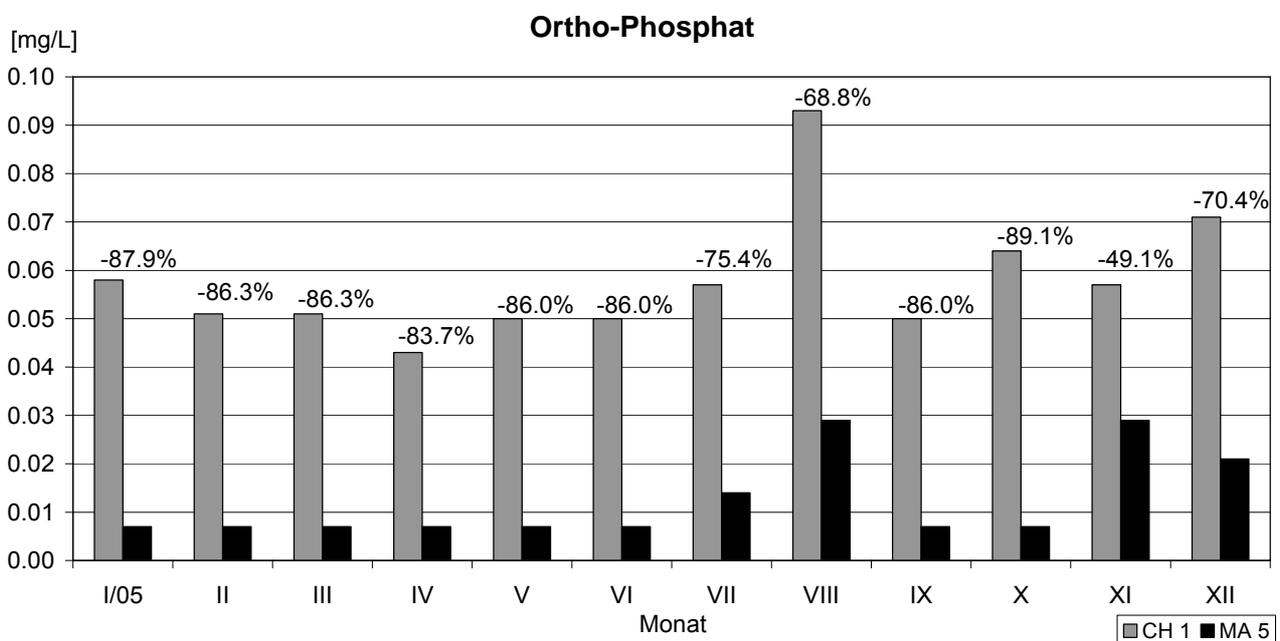


Abb. 3.20 Phosphatkonzentration und deren Abnahme im Grand Marais im Jahresverlauf. Die Werte über den Balken zeigen die Reduktion am Ende des Grand Marais (MA 5) gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser (CH 1).

### 3.2.3.5 Bakteriologie

Während der relativ langen Passage durch das Grand Marais (CH 1 – MA 5) werden die untersuchten Keime stark reduziert. *E.coli* vermindert sich um 87.7 % von 475 auf 58 KBE/100mL (Abb. 3.21). Auffallend ist die vollständige Elimination aller *E.coli*-Keime an sechs Beprobungsterminen (Abb. 3.22), weshalb der Median bei -95.0 % liegt. Für die totale koliforme Keimzahl sieht das Bild nicht ganz so eindrücklich aus: 558 KBE/100mL werden um 28.4 % auf 400 KBE/100mL reduziert.

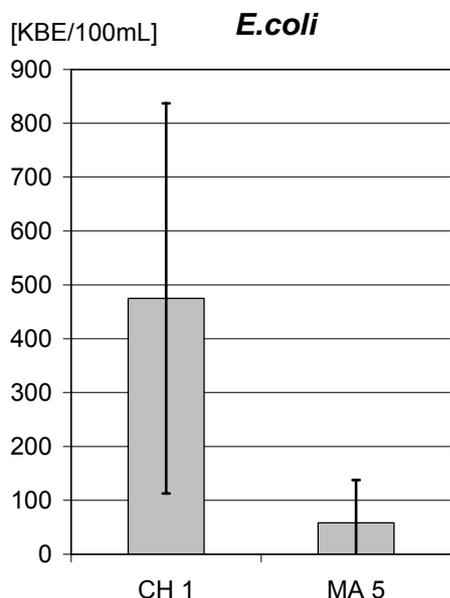


Abb. 3.21 Die Zusammenfassung der monatlichen Schöpfproben im 2005 bezüglich bakterieller Belastung zeigt eine sehr deutliche Keimabnahme (um 87.7 %) mit der Fließstrecke durch das Grand Marais.

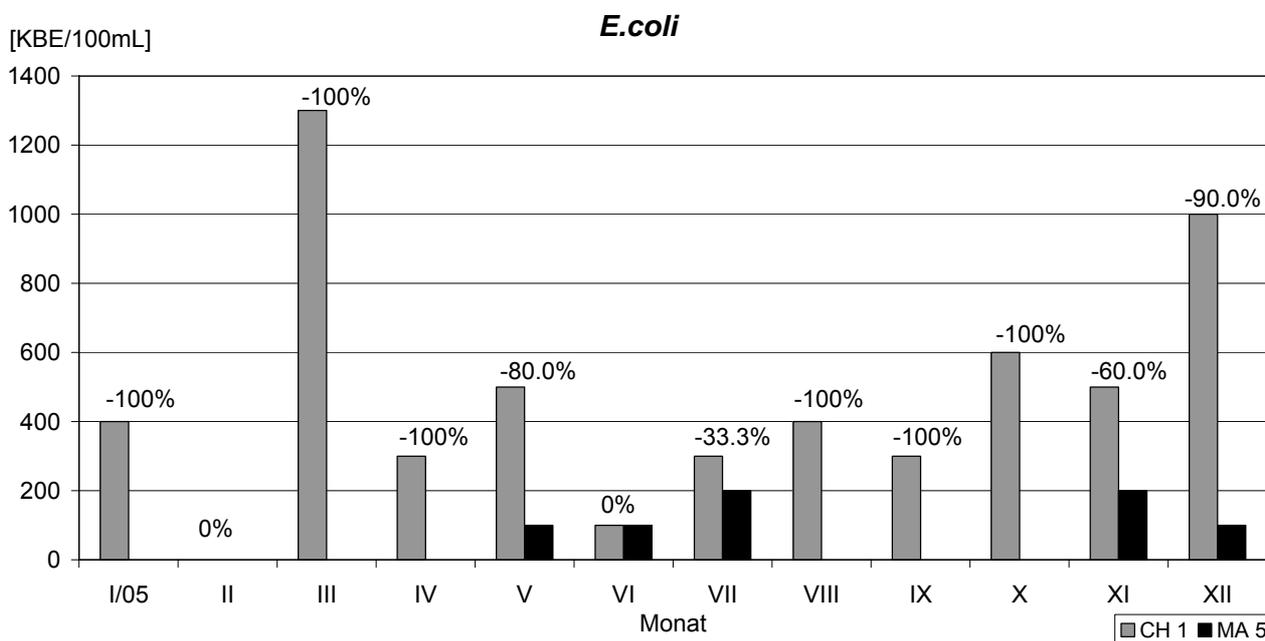


Abb. 3.22 Anzahl koloniebildender Einheiten von *E.coli*-Bakterien und deren Abnahme im Grand Marais im Jahresverlauf. Die Werte über den Balken zeigen die Reduktion am Ende des Grand Marais (MA 5) gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser (CH 1) (Mittelwert: -87.7 %). Auffallend ist die vollständige Elimination der Keime bei der Hälfte der Messungen.

### 3.2.3.6 Trübung

Die Trübung wird im Grand Marais reduziert: Während sie im Rheinwasser (CH 1) im Mittel 8.2 FNU beträgt, ist sie am Ende der Fließstrecke bei MA 5 mit 5.7 FNU um 31.0 % (nach Median

sogar „nur“ um 23.3 %) geringer als zuvor (Abb. 3.23). Die Trübung ist damit am Ende der Fließstrecke wesentlich weniger vermindert als im Étang U.

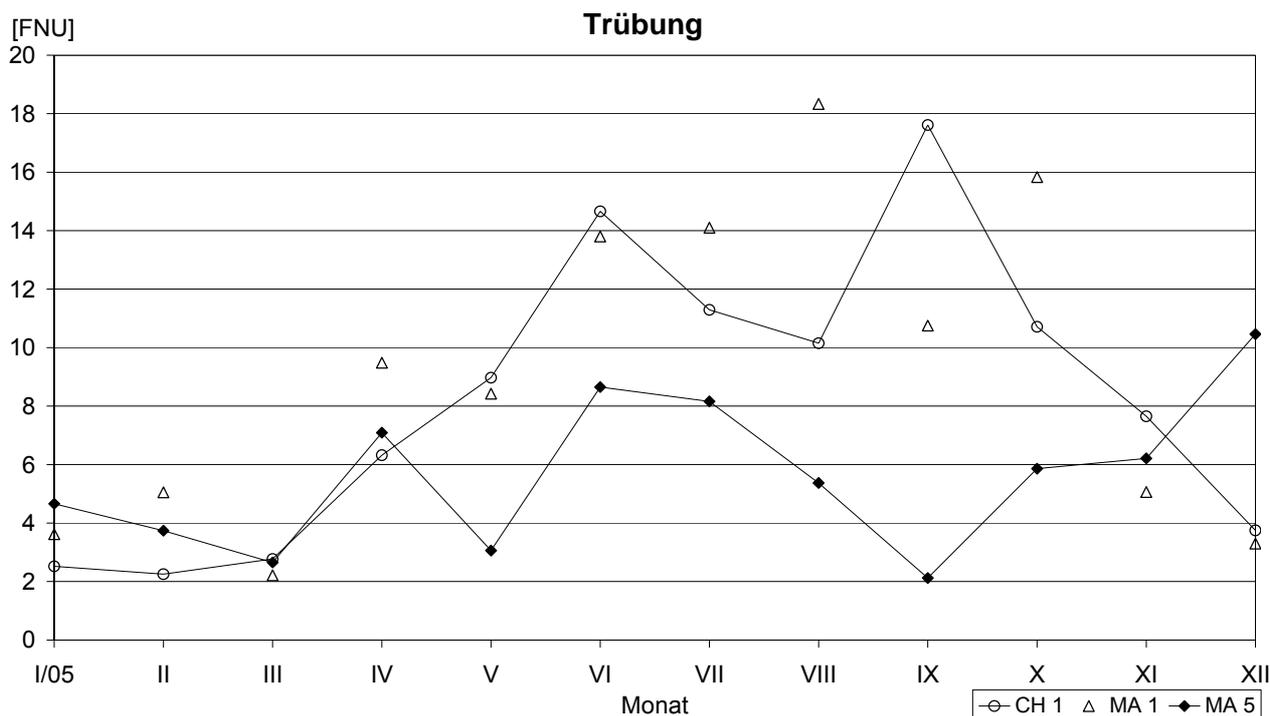


Abb. 3.23 Übersicht der Trübung von Januar bis Dezember 2005 im Grand Marais. Dargestellt sind jeweils die Werte der monatlichen Einzelmessungen vom Canal de Huningue (CH 1), vom ersten Messpunkt zu Beginn des Grand Marais (MA 1) und vom Ende der Fließstrecke im Grand Marais (MA 5).

### 3.2.3.7 Übrige Parameter (DOC, UV-Extinktion, pH, Sulfat- und Chloridkonzentration)

Sowohl beim DOC (CH 1: 1.88 mg/L, MA 5: 2.49 mg/L) als auch bei der UV-Extinktion (CH 1: 4.44 1/m, MA 5: 6.98 1/m) findet eine Anreicherung im Grand Marais statt. Es sind starke jahreszeitliche Unterschiede mit einer grösseren Zunahme in der warmen Jahreszeit vorhanden.

Die pH-Werte nehmen leicht um 1.7 % von 7.9 auf 8.0 zu. Ähnlich geringe Veränderungen sind bei den Mineralgehalten festzustellen. Auffallend ist dabei lediglich die Reduktion des Chlorids um 9.6 % und die Verminderung des Sulfates um knapp 12 %.

## 3.3 Reinigungspotenzial urbaner Flusslandschaften

In den hier vorgestellten urbanen Flusslandschaften wird die Veränderung der Wasserqualität der Oberflächengewässer durch vielfältige Prozesse gesteuert. Mehrheitlich findet eine Qualitätsverbesserung statt, d.h. die Selbstreinigung in den Systemen funktioniert. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fallbeispiele zusammenfassend diskutiert.

### 3.3.1 Nitrat und Ammonium

Der Stickstoff ist v.a. auf Grund seiner Funktion als zentraler Baustein im Eiweißstoffwechsel aller Organismen von zentraler Bedeutung. Im Gewässer steht er in der anorganischen Form als Ammonium und Nitrat im Mittelpunkt, welche beide von Produzenten als N-Quelle genutzt werden. Mit Beginn der Primärproduktion im Frühjahr kann deshalb erwartet werden, dass die Nitratkonzentration in der wärmeren Jahreszeit stetig abnimmt (Vest 1999). Im Jahresgang der Nitratkonzentration

des Birswassers (Brüglinger Ebene) und des Rheinwassers (PCA) ist diese Entwicklung belegt. Typisch ist auch der rasche Wiederanstieg im Herbst, wenn der biologische Abbau gegenüber der Primärproduktion die Oberhand gewinnt. Zudem nimmt nach der Ernte im Herbst die Düngerauswaschung aus den landwirtschaftlich genutzten Gebieten wieder deutlich zu. Der  $\text{NO}_3^-$ -Jahresgang überlagert alle hier vorgestellten Auenökosysteme bis ans Ende der Fließstrecke. Im Quellsee, im Étang U und im Grand Marais findet dort allerdings nicht nur die jahreszeitenbedingte Konzentrationsverminderung statt, es werden durch weitergehende Umsetzungsprozesse markante Reinigungseffekte bis zur vollständigen Elimination erkennbar.

In der Regel wird Ammonium in Gewässern durch mikrobielle Nitrifikation zu Nitrat oxidiert, was für den Sauerstoffhaushalt eine Belastung darstellen kann. Im Winter bleiben hohe  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen auf Grund der temperaturbedingt gehemmten Nitrifikation länger erhalten (DVWK 1993).

Bei der oberflächlichen Passage des Pflanzenklärgeländes findet nur eine geringe Nitrifikation (Abnahme von  $\text{NH}_4^+$ ) mit einer gleichzeitigen geringen Sauerstoffzehrung statt, das damit zusätzlich gebildete  $\text{NO}_3^-$  wird aber kaum durch anschließende Denitrifikation abgebaut. Die Daten lassen den Schluss zu, dass ungefähr gleich viel Nitrat neu gebildet wird wie durch Denitrifikation und durch Pflanzenentzug aus dem System verschwindet. Die Verweilzeit des Wassers von etwa einer halben Stunde scheint dabei ungenügend, um bei gelösten Substanzen eine effektive Reinigungsleistung zu erzielen. So ist nach Pöpel & Börner (1987, 24) bei ähnlich dimensionierten Anlagen erst bei Aufenthaltszeiten von zwei Stunden mit einer biologischen Teilreinigung zu rechnen.

Mit einer deutlich längeren Fließstrecke durch Schilf- und Röhrichtzonen (welche nach Wissing & Hofmann (2002) für das Vorkommen nitrifizierender Bakterien sehr wichtig ist), wie sie im Grand Marais zur Verfügung steht, erhöht sich die Reduktion der untersuchten Stickstoffverbindungen massiv. Nach einer hundertprozentigen Elimination im September, beträgt die Reduktion des  $\text{NO}_3^-$  im Oktober immerhin noch 38 %.

Eine noch effizientere Senkenfunktion für Nitrat und Ammonium wurde im Quellsee während der Vegetationszeit nachgewiesen. Hupfer et al. (2002, 107) konnten für die von der Spree durchflossenen Seen gleiche jahreszeitliche Effekte – jedoch in geringerer Ausprägung – nachweisen. Das im Zufluss vorhandene Nitrat und Ammonium wird im Quellsee infolge von Assimilation und Denitrifikation meist fast vollständig umgesetzt. Auch im Winter ist der Nitratgehalt im Quellsee deutlich niedriger als im Birswasser,  $\text{NH}_4^+$  wird jedoch in dieser Zeit im Quellsee angereichert (das 3- bis 5-fache des Birswassers im Januar). Der Étang U verhält sich diesbezüglich anders als der Quellsee: Im Sommer findet in der Folge seines sauerstoffarmen Seemilieus eine starke Nitratzehrung mit einer gleichzeitigen Anreicherung von Ammonium statt. Die Untersuchungen von Vest (1999) im Aasee (D) decken sich mit diesen Befunden.

### 3.3.2 Ortho-Phosphat

Für pflanzliche Organismen und deren Stoffwechsel ist der Phosphor essentiell und wird in Form des Ortho-Phosphates aufgenommen. Unter natürlichen Bedingungen ist Phosphor in aquatischen Systemen ein limitierender Nährstoff und hat eine Schlüsselfunktion für die Intensität der Bioproduktion. Entsprechend kann seine besondere Stellung als Eutrophierungsfaktor erklärt werden (Vest 1999; vgl. auch Klapper 1992; Vollenweider 1982). Ähnlich wie beim Stickstoff sind in natürlichen Seen zu Beginn der Vegetationsperiode als Folge der Mineralisierung grosse Mengen an frei verfügbarem Ortho-Phosphat zu erwarten. Parallel zur Zunahme der Produktion von Biomasse im Frühjahr werden demnach die Ortho-Phosphat-Ressourcen abnehmen, wodurch es zur Stagnation bzw. zum Zusammenbruch der einzelnen P-verwertenden Nahrungsgemeinschaften kommt (auch wenn andere Nährstoffe noch in ausreichender Menge verfügbar sind).

Das Ortho-Phosphat in den Fließgewässern entstammt in erster Linie aus anthropogenen Quellen (DVWK 1993). So ist im Birswasser ein Jahresgang mit erhöhter Konzentration im Sommer er-

kennbar, während dies beim Rheinwasser eher weniger (CH 1) bzw. gar nicht der Fall (CH 2) ist. Nach Durchfließen der untersuchten Gebiete ist grundsätzlich in allen drei Fallbeispielen eine klare Reduktion des Ortho-Phosphates zu verzeichnen. Es sind aber Unterschiede feststellbar: Die durchwegs starke Reduktion des Ortho-Phosphates im Grand Marais entspricht derjenigen im Quellsee, während im Étang U die Verhältnisse von Monat zu Monat ändern und keine saisonale Abhängigkeit zeigen.

Bei geringmächtigen Wasserkörpern – wie sie in Quellsee, Étang U und Grand Marais vorhanden sind – kann nach Pott & Remy (2000) davon ausgegangen werden, dass die umfangreiche Bildung der jährlichen Phytomasse zum raschen und weitgehend vollständigen Nährstoffumsatz führt. Dabei werden – bei ausgewogenem Nährstoffangebot – meistens alle Nährstoffe im Gewässer gleichmässig und zum überwiegenden Teil in die Biomasse inkorporiert. Zudem findet eine rasche Akkumulation organischer Sedimente statt, wobei im Sediment gebundene Phosphate in Abhängigkeit des Milieus wieder freigesetzt werden können. Dies könnte im Étang U (mit geringem Sauerstoffangebot im Sommer) mitunter ein Grund für die relativ grossen (nicht-saisonalen) Schwankungen des Reduktionspotenzials sein. Es findet aber weder im Étang U noch in den anderen Beispielen eine Anreicherung des Ortho-Phosphates durch Rücklösung statt, wie sie z.B. bei Hupfer et al. (2002) beschrieben wurde. Bei optimalen Sauerstoffverhältnissen haben die Gewässer für Ortho-Phosphat durchwegs eine bestmögliche Senkenfunktion durch Inkorporierung in Biomasse, beim Quellsee v.a. in das Phytoplankton, beim Grand Marais zusätzlich in die durchströmten Makrophytenbestände.

### 3.3.3 Sauerstoff und Leitfähigkeit

Die im Gewässer festgestellte Konzentration an gelöstem Sauerstoff ist jeweils das Ergebnis sauerstoffzehrender und sauerstoffliefernder Vorgänge und kann deshalb unter Umständen stark schwanken. Bei Abwesenheit biogener Aktivitäten existiert zwischen dem atmosphärischen Sauerstoff und dem im Wasser gelösten Sauerstoff ein temperaturabhängiges Gleichgewichtsverhältnis, wie es jeweils beim Birs- und Rheinwasser erkennbar ist. Am wenigsten Veränderungen gegenüber dem einlaufenden Wasser erfährt der Sauerstoffgehalt im Grand Marais: Es findet eine leichte Abnahme statt, wie sie auch im Pflanzenklärgbiet erkennbar ist.

Demgegenüber steht der Quellsee, in dem durch die photoautotrophe Aktivität der limnischen Algen von März bis November eine auffällige Sauerstoffübersättigung stattfindet (vgl. z.B. Schwoerbel 1999; Pott & Remy 2000; Gunkel 1996). Diese ist so gross, dass selbst nachts – bei vorherrschender Sauerstoffzehrung – kein Defizit eintritt (vgl. Kalbe 1997, 194f). Dieser ausgeprägte Jahresgang des Sauerstoffs und dem damit abhängigen  $O_2$ - $CO_2$ -Verhältnis ist der Grund für den ebenso ausgeprägten Jahresgang der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit.

Der Étang U verhält sich bezüglich Sauerstoffgehalt entsprechend den Erwartungen (vgl. z.B. Vest 1999; Klapper 1992): Bei noch tiefen Wassertemperaturen ist im Frühjahr mit der zunehmenden photoautotrophen Aktivität eine Übersättigung festzustellen, während bei hohen Wassertemperaturen im Sommer eher kritische Sauerstoffverhältnisse (vgl. Kap. 3.3.1 & 3.3.2) vorzufinden sind. Entsprechend verhält sich die Leitfähigkeit.

### 3.3.4 Schwebstoffe und Bakteriologie

Die deutlichsten Reinigungseffekte im Pflanzenklärgbiet zeigen sich bei den Trübungswerten. Schwebstoffe werden zuverlässig reduziert, was aber auch bedeutet, dass durch das Absetzen von mitgeführten Feststoffen eine kontinuierliche Kolmation stattfindet. Sedimentationsprozesse tragen erheblich zum Selbstreinigungspotenzial eines Gewässers und einer funktionierenden Auenlandschaft bei. Dies deutet sich hier z.B. in der reduzierten Keimzahl für Bakterien nach der Passage an. Besonders deutlich wird dies bei der Einleitung von trübem Wasser mit hoher Schwebstofffracht.

Obwohl im Quellsee die Trübung deutlich über den Eingangswerten liegt, ist die dortige Elimination der Koli-Bakterien ausserordentlich effizient (obwohl der Quellsee mit Wasservögeln und Fischen überbestockt ist und daher eine zusätzliche Verunreinigung zu vermuten ist). Die Trübung wird im See durch eine hohe sommerliche Phytoplanktondichte verursacht. Dass solche Flachseen deutliche Senken für *E.coli* sind, zeigen auch die Daten des Étang U in der PCA (in welchem allerdings die Trübung nicht wie im Quellsee zunimmt, sondern aufgrund der geringen Phytoplanktondichte ebenfalls stark reduziert wird). Die Verminderung der Keimzahlen im Grand Marais ist wie im Étang U eindrucksvoll, obwohl die Trübung weniger zurückgeht. Bungartz et al. (2002) konnten in einem ähnlich langen, langsam durchflossenen Altarm der Spree eine Schwebstoffreduktion von bis zu 60 % messen.

Das Selbstreinigungspotenzial aller hier vorgestellten Auenökosysteme bezüglich Bakterien, v.a. der Indikatorkeime *E.coli* (Brüglingen: -92.7 %, PCA: -91.9 %, resp. -87.7 %), ist enorm hoch einzuschätzen.

### 3.3.5 Übrige Parameter

DOC kommt im Gewässer natürlicherweise in Folge des Abbaus organischer Substanz (oder Auswaschung aus Böden im Einzugsgebiet) vor. Die leichte Zunahme des DOC sowie der UV-Extinktion während der Passage im Pflanzenklärgelände ist die Folge des engen Kontaktes zwischen dem Wasser und den biologisch aktiven Oberflächen auf den Pflanzenstängeln, Holzoberflächen und der Substratoberfläche – und somit der Freisetzung organischer Substanzen (v.a. von Huminstoffen). Noch ausgeprägter finden diese Vorgänge im Grand Marais statt (deutlich längere Aufenthaltszeit), weshalb die beiden Summenparameter für organische Inhaltsstoffe dort stark zunehmen. Die stärksten Zunahmen von DOC und SAK 254 finden sich in den beiden Seen (Quellsee und Étang U). Der Anstieg im Seewasser ist typisch für stehende Gewässer und hängt mit der Etablierung einer Planktonalgenpopulation zusammen, welche diese beiden Parameter generell ansteigen lässt.

### 3.3.6 Zusammenfassende Übersicht über die Veränderungen

Die Untersuchungen zeigen, dass sich nach Aufenthalt des Wassers im Quellsee oder Étang U resp. nach der Passage durch das Pflanzenklärgelände oder das Grand Marais im Vergleich zum eingeleiteten Wasser ein vollständig neues Milieu einstellt. In der Brüglinger Ebene wird dabei der grösste Teil der Stoffe im Quellsee umgesetzt, während das Pflanzenklärgelände v.a. als Sedimentfänger dient. Der Étang U in der PCA verhält sich indes nicht so ausgeprägt wie der Quellsee (unterschiedliche Algen- und Phytoplanktonentwicklung), hingegen ist die Fliessstrecke im Grand Marais gegenüber dem Pflanzenklärgelände viel effizienter. Die Veränderungen der verschiedenen Parameter sind – als Jahresmittel – in den Abb. 3.24 & 3.25 abgebildet und verdeutlichen die unterschiedlichen Reaktionsmuster der untersuchten Gebiete.

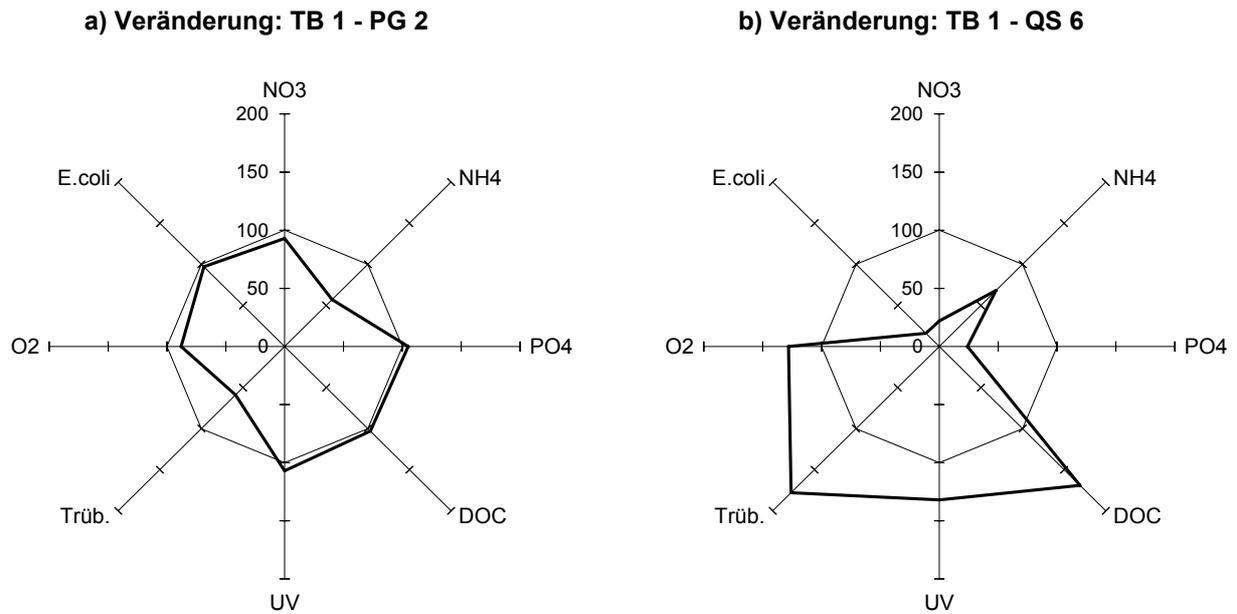


Abb. 3.24 Zusammenfassender Vergleich der wichtigsten Wasserqualitätsparameter im Gewässersystem der Brüglinger Ebene (aus den monatlichen Mittelwerten der Schöpfproben gemittelte Jahresmittelwerte). Mit der dicken Linie wird die relative Veränderung (in Prozent) am Ende der Fließstrecke gegenüber dem eingeleiteten Birswasser (TB 1) (Index 100, entspricht der dünnen Linie) angegeben. Aus a) ist ersichtlich, dass im Pflanzenklärgebiet (PG 2) nur eine geringfügige Veränderung der Wasserqualität stattgefunden hat, während aus b) hervorgeht, dass beim Auslauf aus dem Quellsee (QS 6) eine gänzlich andere Wasserqualität vorhanden ist.

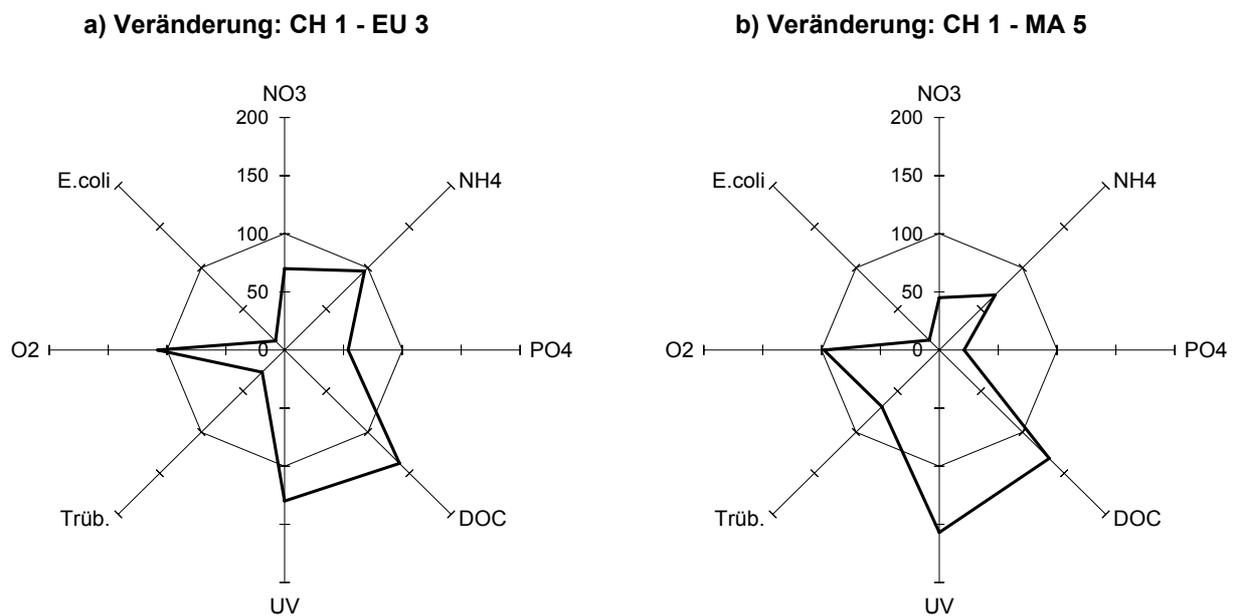


Abb. 3.25 Zusammenfassender Vergleich der wichtigsten Wasserqualitätsparameter im Gewässersystem der PCA (Jahresmittelwerte). Mit der dicken Linie wird die relative Veränderung (in Prozent) am Ende der Fließstrecke a) im Étang U (EU 3) und b) im Grand Marais (MA 5) gegenüber dem eingeleiteten Rheinwasser (CH 1) (Index 100, entspricht der dünnen Linie) angegeben. Aus beiden Grafiken ist ersichtlich, dass sich die Wasserqualität stark verändert hat. Während die organischen Inhaltsstoffe zunehmen, sind die Nährstoffe und bakteriellen Keimzahlen stark zurückgegangen.

### 3.4 Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen der Gewässersysteme in der Brüglinger Ebene und in der Petite Camargue Alsacienne zeigen, dass naturnahe, grossflächige Überflutungsflächen in (revitalisierten) Flussebenen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Wasserqualität leisten können. Insbesondere nach Aufenthalt des Wassers in einem stehenden Gewässer hat sich im Vergleich zum einflussenden Wasser ein vollständig neues Milieu eingestellt: Das den See verlassende Wasser unterscheidet sich in fast allen Parametern vom einflussenden Wasser auf eine positive Weise. Im Einzelnen haben die verschiedenen Kompartimente der Untersuchungsgebiete folgende stoffhaushaltlichen Wirkungen aufzuweisen:

- Die Reinigungseffekte des Pflanzenklärgebietes in der Brüglinger Ebene blieben unter den anfänglichen Erwartungen. Nach den Ergebnissen von Wüthrich et al. (2003) im wechselfeuchten System in den „Hinteren Stellmatten“ hätten die Veränderungen bezüglich DOC (Zunahme) und Nitrat (Abbau) deutlicher ausfallen können. In Anbetracht der Dauerüberflutung und der kurzen Fließstrecke sind die Resultate trotzdem positiv zu bewerten. Das naturnahe Feuchtgebiet erfüllt hauptsächlich die Funktion des Sedimentfängers für den nachgeschalteten Quellsee.
- In der Brüglinger Ebene wird der grösste Teil der Stoffe eindeutig im Quellsee umgesetzt. Die Funktion des Sees als Senke für Nitrat und Phosphat wurde klar nachgewiesen, ebenso für *E.coli* und totale koliforme Keime. Das Stillgewässer bildet in der Vegetationszeit für Ammonium ebenfalls eine Senke, während von Januar bis März eine deutliche Anreicherung gegenüber dem eingeleiteten Wasser stattfindet.
- Die Senkenfunktion des Étang U in der Petite Camargue Alsacienne für Nitrat, Ortho-Phosphat, *E.coli* und totale koliforme Keime konnte belegt werden. Beim Ammonium ist hingegen im Sommer – aufgrund eines ungünstigen Milieus – eine klare Anreicherung zu verzeichnen.
- Das Grand Marais in der Petite Camargue Alsacienne – das lange Fließwege mit unterschiedlichen Landschaftselementen (Kombination von Fließgewässern, Schilfgebieten und Stillgewässern) aufweist – hat eine ausgeprägte Funktion als Senke für Nitrat, Ortho-Phosphat, *E.coli* und totale koliforme Keime, während die Reduktion von Ammonium grösseren Schwankungen unterliegt.

Die deutlich verbesserte Wasserqualität nach Durchlauf solcher Gewässersysteme ermöglicht es, im Rahmen eines modernen Flusslandschaftsmanagements Oberflächenwasser und Elemente naturnaher Auenlandschaften in derartigen Kombinationen als wirkungsvolle Reinigungsstufe wieder vermehrt in – heute durch andere Nutzungsformen geprägten – ehemaligen Überschwemmungsebenen einzusetzen. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Optimierung der Reinigungsleistung kleiner Schilfgebiete – wie z.B. dem untersuchten Pflanzenklärgebiet – wäre möglich, wenn das eingeleitete Oberflächenwasser eine vertikale Filtration mit anaeroben Zonen durchlaufen müsste. Ausserdem sollte der Betrieb einer solchen Anlage alternierend auf mindestens zwei Feldern erfolgen, damit die eingeschalteten aeroben Phasen die Kolmation verzögern (vgl. Wüthrich et al. 2003).
- Wenn im Rahmen einer Revitalisierung vermehrt Oberflächenwasser durch naturnahe Auenareale mit verbesserter Fluss-/Grundwasser-Interaktion fliesst (vgl. Kap. 4), müsste daher für den optimalen Schutz des Grundwassers gewährleistet sein, dass entweder deutlich längere Fließstrecken in naturnahen Helophyten-Arealen zugelassen werden oder das Wasser vor der Infiltration in den Grundwasserkörper ein stehendes Gewässer (Auensee) durchläuft.
- Die Inwertsetzung urbaner Flusslandschaften mittels einer Kombination von Röhrichtgebieten und stehenden Gewässern hat – trotz grossem Nutzungsdruck im städtischen Raum – eine ganze Reihe von positiven Funktionen für die Erhaltung einer arten- und strukturreichen Erholungslandschaft und vereinigt gerade im urbanen Raum viele Vorteile auf sich (vgl. Kap. 5 und z.B. Stucki 2004; Minder 2003; DVWK 1996).

- Die Wasserqualität nach dem Durchlaufen einer derartigen „Reinigungsstufe“ ist mit mechanisch vorfiltriertem Wasser, wie es bei der künstlichen Anreicherung von Grundwasser zur Versickerung gebracht wird, vergleichbar. Für die Betreiber von solchen Anlagen ergibt sich dadurch eine günstige Alternative zur technischen Vorreinigung des Wassers. Durch die Einleitung des Rohwassers in einen naturnahen See mit mehreren Tagen Aufenthaltszeit wird zudem die Sicherheit einer solchen Anlage bezüglich Wasserqualität und Reaktionszeit bei einer Gewässerverschmutzung massiv erhöht.

In der Region Basel sind zur Reaktivierung der stoffhaushaltlichen Funktionen und Strukturen von Auen konkret folgende Revitalisierungen urbaner Flusslandschaften denkbar:

- Im Bereich der Brüglinger Ebene ist die weitere Revitalisierung geplant. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Anbindung des östlichen Teils des Parks „Im Grünen“ und dessen Gewässersystems (Teichbächlein, Quellsee) an die Birs durch eine Umgestaltung (und z.T. Umnutzung) verbessert wird (Durchgängigkeit für Tiere und Menschen), insbesondere auch der Einbezug des Gebietes des heutigen Dammes in die Abflussdynamik der Birs (Naturerlebnis, speziell auch für Kinder).
- In einem weiteren Schritt wäre das frei werdende Schänzli-Areal (rechtsufrig) der Birs zuzuschreiben. Das heisst, es würde auf diesem Areal eine grosszügige Auenlandschaft entstehen, die vollständig der Dynamik der Birs unterliegen und sowohl Röhrichtzonen wie auch Auenseen aufweisen würde. Sie würde als Lebensraum für Pflanzen und Tiere, dem Stoffumsatz (Selbstreinigung), dem Hochwasserrückhalt, dem Naturschutz und zum kleineren Teil der Erholung dienen (die Erholungsnutzung sollte sich hauptsächlich auf das linke Ufer beschränken).
- Eine grossflächige (kontrolliert dynamische) Auenlandschaft – bei Versetzen der heutigen Dämme zudem mit deutlich breiterem Gewässerquerschnitt – sowie eine Revitalisierung ehemaliger Wassergräben, Überschwemmungsflächen und Weihern ist auch in der Wiesebene anzustreben. Gerade der Bau der Zollfreistrasse verpflichtet zu ökologischen Ersatzmassnahmen auf möglichst der gesamten Länge der Wiese bzw. Wiesebene zwischen der Grenze und Basel (Freiburgerstrasse) (vgl. z.B. Schenker 2001). Dadurch würde das Gebiet für den Stoffumsatz und die Selbstreinigung beachtlich an Bedeutung gewinnen sowie als stadtnahes Erholungsgebiet eine enorme Aufwertung erfahren. Das (heute dominierende) System der Grundwasseranreicherung und -entnahme müsste im Sinne der erarbeiteten Vorschläge in Kap. 4 an die veränderten Bedingungen angepasst werden.
- In der Petite Camargue Alsacienne sind die Bestrebungen zur weiteren Revitalisierung der angrenzenden Gebiete fortzuführen, insbesondere auch mit der Reaktivierung weiterer Flutgräben. Diese Gebiete dienen hauptsächlich dem Natur- und Prozessschutz, daneben ist gelenkte Erholungsnutzung möglich.

### 3.5 Zitierte Literatur

- Amoros C. & Roux A.L. 1988. Interactions between water bodies within the floodplains of large rivers: functions and development of connectivity. In: Schreiber K.-F. (Hrsg.). Connectivity in landscape ecology proceedings of the second international seminar of the “International Association for Landscape Ecology”. Münster, 125-130.
- Bloesch J. 1997. Revitalisierung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern 35: 9-28.
- Bungartz H., Kozerski H.-P. & Engelhardt C. 2002. Durchströmte Altarme als Schwebstoffsinken. In: Köhler J., Gelbrecht J. & Pusch M. (Hrsg.). Die Spree. Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. Limnologie aktuell 10, Stuttgart, 127-134.
- BUWAL & BWG 2003. Leitbild Fliessgewässer Schweiz. Für eine nachhaltige Gewässerpolitik. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft & Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern, 1-12.
- DVWK 1993. Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fliessgewässern. Teil 1: Allgemeine Kenngrössen, Nährstoffe, Spurenstoffe und anorganische Schadstoffe, Biologische Kenngrössen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblätter zur Wasserwirtschaft 227, Bonn, 1-53.
- DVWK 1996. Erholung und Freizeitnutzung an Seen – Voraussetzung, Planung, Gestaltung. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblätter zur Wasserwirtschaft 233, Bonn, 1-66.

- Geissbühler U. 2006. Selbstreinigungsleistung urbaner Flusslandschaften bei Basel. Inwertsetzung revitalisierter und naturnaher Auen- und Feuchtgebieten in den ehemaligen Flussebenen von Wiese, Birs und Rhein. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Arbeit.
- Geissbühler U., Stucki O. & Wüthrich C. 2005. Selbstreinigungsleistung des Gewässersystems in der Brüglinger Ebene (Basel, Schweiz). Potenziale für die Inwertsetzung urbaner Flusslandschaften. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel 8: 135-153.
- Gunkel G. (Hrsg.) 1996. Renaturierung kleiner Fließgewässer. Stuttgart, 1-471.
- Hupfer M., Gelbrecht J., Köhler J., Ackermann G. & Schulz M. 2002. Nährstoffdynamik. In: Köhler J., Gelbrecht J. & Pusch M. (Hrsg.). Die Spree. Zustand, Probleme, Entwicklungsmöglichkeiten. Limnologie aktuell 10, Stuttgart, 100-110.
- Kalbe L. 1997. Limnische Ökologie. Stuttgart, 1-296.
- Klapper H. 1992. Eutrophierung und Gewässerschutz. Jena, 1-277.
- Kohl J. 2001. Akzeptanz von Auenrevitalisierungen in der Grundwasserschutzzone eines städtischen Naherholungsgebiets. In: Beierkuhnlein C., Breuste J., Drollinger F., Kleyer M., Potschin M., Steinhardt U. & Syrbe R.U. (Hrsg.). Landschaften als Lebensraum. Analyse – Bewertung – Planung – Management. Tagungsband zur 2. Jahrestagung der IALE-Region Deutschland, Oldenburg, 30-31.
- Minder C. 2003. Freizeittourismus am Bergsee: Nutzung einer stadtnahen Attraktion. *Regio Basiliensis* 44(3): 233-240.
- Pöpel H. J. & Börner T. 1987. Pflanzenkläranlagen am Beispiel der Wurzelraum-Pilotanlage Hofgeismar-Beberbeck bei Kassel. *Verband Schweizerischer Abwasserfachleute* 353: 1-28.
- Pott R. & Remy D. 2000. Gewässer des Binnenlandes. Stuttgart, 1-255.
- Schenker A. 2001. Ökologische Ersatzmassnahmen: Auslöser für die Revitalisierung von Fließgewässern. Beispiele aus der Region Basel/NW-Schweiz. *Regio Basiliensis* 42(1): 3-22.
- Schuhmacher H. & Thiesmeier B. (Hrsg.) 1991. Urbane Gewässer. Essen, 1-528.
- Schwoerbel J. 1999. Einführung in die Limnologie. Stuttgart, 1-465.
- Stucki O. 2004. Der Quellsee in der Brüglinger Ebene: Eine echte Oase? Ein urbanes Gewässer als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. *Regio Basiliensis* 45(3): 229-241.
- Stucki O. 2006. Funktionen und Strukturen urbaner Gewässer um Basel. Quellsee (Brüglinger Ebene) und Étang U (Petite Camargue Alsacienne) als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Arbeit.
- Vest M. 1999. Auswirkungen städtischer und ländlicher Einflussnahmen auf ein urbanes (Still-)Gewässer, dargestellt am Beispiel des Aasees in Münster (Westf.). *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde* 61(1): 1-112.
- Vollenweider R. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD, Paris, 1-154.
- Wissing F. & Hofmann K. 2002. Wasserreinigung mit Pflanzen. Stuttgart, 1-273.
- Wüthrich C., Huggenberger P., Gurtner-Zimmermann A., Geissbühler U., Kohl J., Zechner E. & Stucki O. 2003. Machbarkeit, Kosten und Nutzen von Revitalisierungen in intensiv genutzten, ehemaligen Auenlandschaften (Fallbeispiel Lange Erlen). Schlussbericht zum MGU-Projekt F2.00, Universität Basel, 1-157.



# Teil Hydrogeologie



## 4 Entwicklung nachhaltiger Strategien für den Grundwasserschutz

*Christian Regli und Peter Huggenberger*

### Zusammenfassung

Veränderungen im Hochwasserschutz stehen gegenwärtig bei vielen schweizerischen Fließgewässern an (Rhone, Thur, Rhein, Wiese, Töss, etc.). Im Zielkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung nachhaltige Lösungen zu finden, ist aufgrund der unterschiedlichen Interessen bezüglich der Nutzung von Flussebenen eine grosse transdisziplinäre Herausforderung. Denn die bestehenden Konzepte im planerischen Gewässerschutz werden der Komplexität der geforderten, verbesserten Fluss-/Grundwasser-Interaktion – insbesondere in urbanen und landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten – nicht gerecht. Eine Erweiterung der bestehenden Schutzkonzepte durch die Berücksichtigung der Fließgewässerqualität und der Filtrationsleistung der Bereiche zwischen Fließgewässern und Entnahmebrunnen ermöglicht, sich an den Zielen des Grundwasserschutzes und derjenigen naturnaher Gewässerökosysteme zu orientieren und repräsentiert bezüglich den hydrogeologischen Aspekten einen wirksamen und nachhaltigen Problemlösungsansatz.

### 4.1 Einleitung

Konflikte infolge unterschiedlicher Nutzungsinteressen betreffen in der Schweiz praktisch alle Bereiche des öffentlichen Raumes. Interessenkonflikte im Zusammenhang mit der nachhaltigen Sicherung der Wasserressourcen weisen jedoch Besonderheiten auf. Wasser orientiert sich nicht an festgelegten Grenzen und seine Zirkulationssysteme unterliegen einer permanenten Dynamik bezüglich Wassermengen, Wasserqualität und Strömungsverhalten. Natürliche und naturnahe Fließgewässer zeigen deutlich, dass eine klare Trennung zwischen Oberflächen- und Grundwasser i.a. nicht möglich ist.

Durch historisch gewachsene Ansprüche und Nutzungen in Flussebenen wurden in der Vergangenheit die Probleme bezüglich der Fließgewässer und dem Grundwasser sektoral gelöst. Die moderne Wasserwirtschaft jedoch umfasst alle Aktivitäten des Menschen zur Nutzung und zum Schutz des Wassers sowie zum Schutz vor den Gefahren des Wassers und versucht diese drei Hauptziele wasserwirtschaftlicher Tätigkeiten in Einklang zu bringen. Es geht konkret darum, problematische Nutzungen schrittweise zu verbessern bzw. nachhaltiger zu gestalten, wobei ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gleichwertig berücksichtigt werden sollen [1, 2, 3, 4, 5].

Die Europäische Union regelt ihre Wasserwirtschaft auf der Grundlage hydrologisch definierter Einzugsgebiete [6]. Dabei sollen die Oberflächengewässer und das Grundwasser quantitativ und qualitativ geschützt werden, wobei ein gutes ökologisches Potenzial und ein guter chemischer Zustand der Gewässer angestrebt wird. In der Schweiz wird künftig das hydrologische Einzugsgebiet als räumliche Bezugsseinheit stärker in den Vordergrund rücken [5]. Für eine nachhaltige Entwicklung der Fließgewässer bedeutet dies, dass – wo irgend möglich – ehemals vorhandene Funktionen und vielfältige Lebensräume in Gewässerökosystemen wieder hergestellt werden sollen. Deshalb stellt das Leitbild Fließgewässer Schweiz für eine nachhaltige Gewässerpolitik drei Entwicklungsziele in den Vordergrund: ausreichender Gewässerraum, ausreichende Wasserführung und ausreichende Wasserqualität [7]. Nur so kann daraus langfristig die Erhaltung und Wiederherstellung naturnaher Fließgewässer resultieren. Die Gewährleistung der natürlichen Funktionen der Fließgewässer ist eine gesetzlich verankerte Vorgabe (Art. 4 WBG [8], Art. 21 WBV [9], Art. 37 f. GSchG

[10], Anh. 1 Ziff. 1, Anh. 2 Ziff. 11 f. GSchV [11]). Gleichzeitig müssen aber auch die Trinkwasserressourcen geschützt werden (Art. 20 f. GSchG [10], Anh. 4 Ziff. 113, 121 ff., 13, 212, 221 ff., 23 GSchV [11]).

Die Forderung nach Revitalisierung der Fließgewässer verdeutlicht die bestehenden Probleme einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wasserressourcen und führt zu vermehrten Interessenkonflikten, insbesondere bezüglich der Grundwassernutzung. Es stellt sich somit die Frage nach der Gewichtung der Nutzungsansprüche resp. die Frage, wer über solche Ansprüche entscheidet. Private ökonomische und öffentliche Interessen stehen sich dabei gegenüber [12]. Innerhalb der Bandbreite von Lösungen – der Aufgabe einer flussnahen Grundwasserfassung oder dem Verzicht auf eine Revitalisierung – dürften sich weitere Möglichkeiten mit entsprechenden Massnahmen anbieten [13]. Hinsichtlich dieser Herausforderung ergeben sich aber erhöhte Anforderungen an Beurteilungsmethoden, politische Strukturen und demokratische Verfahren. Es besteht somit Handlungsbedarf in der Frage, welche Konzepte und Reformen für eine effiziente und nachhaltige Wasserbewirtschaftung notwendig und geeignet sind [12].

Die starke Verflechtung im Interessenkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung ist in Abb. 4.1 konzeptionell dargestellt. Die Vertikale zeigt die verschiedenen Aufgaben und Rahmenbedingungen wasserwirtschaftlicher Tätigkeiten; die Horizontale zeigt eine lösungsorientierte Vorgehensweise. Um differenzierte Lösungen bei unterschiedlichen Nutzungen zu ermöglichen, ist im Einzelfall eine Beurteilung mit Interessenabwägung vorzunehmen, abgestimmt auf Zielsetzungen und Massnahmen aus Gewässerschutz, Wassernutzung und Hochwasserschutz.

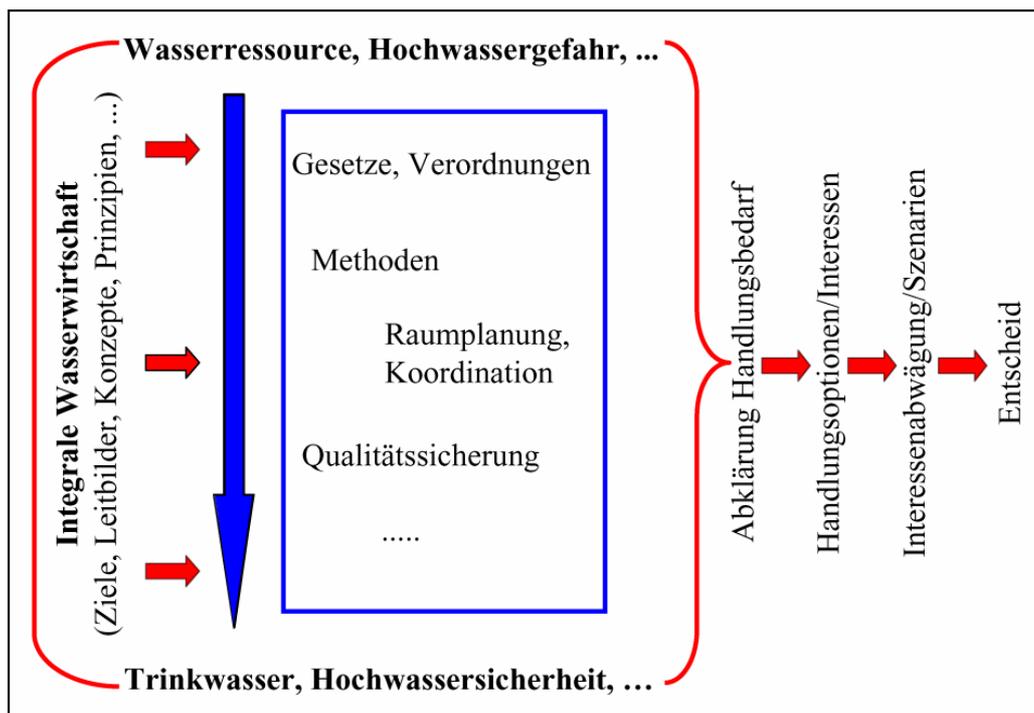


Abb. 4.1 Verflechtung wasserwirtschaftlicher Tätigkeiten beim Interessenkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung und konzeptioneller Lösungsansatz.

Der Schutz bei Wasserversorgungen bezüglich der Wasserqualität funktioniert typischerweise als Multibarriersystem. Dabei regelt die Gewässerschutzgesetzgebung die Bereiche Wasserressource und Selbstreinigung (Bodenpassage/Uferfiltration) und die Lebensmittelgesetzgebung die Bereiche Gewinnung und Aufbereitung sowie die Verteilung des Trinkwassers bis zum Endverbraucher. Wenn es darum geht, Lösungen im Interessenkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung zu finden, bestehen Handlungsspielräume auf der gesamten Prozessstrecke von der Wasserressource bis zum Produkt Trinkwasser. Als Beispiele sind planerische, organisatorische und technische Massnahmen zu nennen (Raumplanung, Verbundsysteme, Neukonzessionierung, Überprüfung

Grundwasserschutzzonen, Optimierung Entnahmemanagement, Anpassung Revitalisierungsprojekt, Reduktion Trinkwasserverbrauch, Trinkwasseraufbereitung, etc.).

Trinkwasser muss den geltenden Anforderungen des Schweizerischen Lebensmittelbuches [14], der Hygieneverordnung [15] und der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung [16] entsprechen. Gemäss Wasserstatistik des SVGW werden in der Schweiz rund 40 % des Trinkwasserbedarfs aus Grundwasser abgedeckt. Bei rund 15 % der Trinkwasserproduktion ist keine Aufbereitung notwendig, sodass das geförderte Rohwasser direkt als Trinkwasser verwendet werden kann. Bei weiteren rund 15 % der Produktion ist eine einstufige Aufbereitung (Desinfektion) und bei rund 10 % eine mehrstufige Aufbereitung notwendig.

Fluss-/Grundwasser-Interaktionen zeichnen sich durch dynamische Strömungsprozesse und eine grosse Variabilität von hydraulischen und biologischen Parametern und Stofffrachten aus. Deshalb variiert die Qualität des Wassers sehr stark. Die bestehenden Konzepte und Dimensionierungskriterien im planerischen Grundwasserschutz sind jedoch nicht auf eine solche Dynamik und Prozessvielfalt ausgerichtet, so werden z.B. unterirdische und oberirdische Zuströmbereiche voneinander getrennt bezeichnet. Es bestünde aber durchaus die Möglichkeit, die Qualitätsziele bei Entnahmebrunnen in den Vordergrund zu stellen und z.B. die Bezeichnung von Schutzzonen und die zu treffenden Massnahmen auf diese Ziele auszurichten.

Hinzu kommt, dass bei Revitalisierungen die Auswirkungen nicht nur lokal sind, sondern auch flussabwärts das Grundwasserfließregime beeinflussen können. Der räumliche Bezug für eine integrale Bewirtschaftung ist daher nicht nur der unmittelbare Umkreis eines geplanten Eingriffs am Gewässer, sondern oftmals ein grosser Bereich oder Abschnitt in der Flussebene. Im Folgenden werden deshalb bestehende hydrogeologisch-planerische Schutzkonzepte und ihre Auswirkungen auf den Handlungsspielraum bei Revitalisierungsvorhaben diskutiert. Ein ergänzendes, prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept soll mögliche Erweiterungen des Handlungsspielraums aufzeigen. Illustriert werden die Ausführungen mit Beispielen aus den Langen Erlen, einem Grundwassernutzungsgebiet bei Basel (vgl. Kap. 2.5).

## 4.2 Hydrogeologisch-planerische Schutzkonzepte

### 4.2.1 Rechtliche Aspekte

Die Revitalisierung von Fliessgewässern betreffen zahlreiche rechtlich geschützte Interessen, wie z.B. Hochwasserschutz (Art. 4 WBG [8], Art. 21 WBV [9]), Auenrevitalisierung (Art.18a NHG [17], Art. 4 und 8 Auenverordnung [18]), Schutz für die im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen und -anreicherungsanlagen hinsichtlich der Nutzung des Grundwasser als Trinkwasser (Art. 20 f. GSchG [10], Art. 29 Abs. 2 und 3 sowie Art. 31 f. GschV [11]), Erhaltung von Grundwasservorkommen (Art.43 GschG[10]), Erhaltung von Fruchtfolgeflächen und andere. Der Schutz des für die Trinkwasserproduktion genutzten Grundwassers ist ein Interesse unter vielen. Diese verschiedenen Interessen sind rechtlich in unterschiedlichem Ausmass geschützt. Manche sprechen für, manche gegen eine Revitalisierung [19].

Die Gewässerschutzgesetzgebung stützt sich auf die formale Trennung von Oberflächengewässern und Grundwasser. Im planerischen Grundwasserschutz (Art. 19 ff. GSchG [10], Art. 29 ff. und Anh. 4 Ziff. 11 ff. GSchV [11]) werden durch die Bezeichnung der Grundwasserschutzzonen und Zuströmbereiche sowie der Gewässerschutzbereiche und Grundwasserschutzareale unterschiedliche Schutzziele für das Grundwasser angestrebt. Bei Grundwasserschutzzonen werden die Schutzbestimmungen in den entsprechenden Bereichen umso strenger, je näher die Zonen bei den Fassungen liegen. Innerhalb der Schutzzonen gelten Nutzungsbeschränkungen, die bei Revitalisierungsvorhaben zu Interessenkonflikten führen.

## 4.2.2 Grenzen hydrogeologisch-planerischer Schutzkonzepte

Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben zur Dimensionierung der einzelnen Schutzbereiche sowie der entsprechenden Nutzungsbeschränkungen lassen sich wesentliche Konzepte des hydrogeologisch-planerischen Grundwasserschutzes ableiten. Es sind dies: a) die schützende Deckschicht, b) die Grundwasseraufenthaltszeit – im Falle der Schutzzone S2 von zehn Tagen und die Mindestdistanz in Zustromrichtung von 100 Metern – sowie c) die Trennung von Fluss und Grundwasser. Es stellt sich damit die Frage nach der Wirkung aber auch den Grenzen dieser Konzepte bezüglich hydrogeologischen Aspekten des Grundwasserschutzes.

### 4.2.2.1 Schützende Deckschicht

Die Deckschicht wird definiert als „nicht wassergesättigter Untergrund über dem Grundwasserspiegel mit Ausnahme des Bodens. Der Schutz des Grundwassers ist abhängig von der Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Deckschicht“ [20]. Die Deckschicht ist somit ein Element im Wirkungspfad Luft → Boden → ungesättigte Zone → Grundwasser. Sie dient als Schutz vor Belastungen aus der Luft und der Bodenbewirtschaftung, v.a. der Landwirtschaft. Die Erfahrungen gegen Ende des letzten Jahrhunderts mit Mineralölunfällen, Unfällen mit organischen Chlorverbindungen sowie erhöhten Nitratwerten und Pestiziden aus der Landwirtschaft haben die beschränkte Schutzwirkung der Deckschicht jedoch deutlich aufgezeigt. Aufgrund persistenter mobiler Wasserinhaltsstoffe, welche für das Grundwasser eine Gefährdung darstellen und über grössere Distanzen (bis mehrere Kilometer) transportiert werden können, wurde deshalb das Konzept des Zuströmbereichs entwickelt.

Im Kontext der Fluss-/Grundwasser-Interaktion besteht der Wirkungspfad Fluss → Flusssohle bzw. Vorland → Interstitialbereich → Grundwasser, wobei der Interstitialbereich gesättigt oder ungesättigt sein kann, je nach hydraulischem Anschluss des Grundwassers an den Fluss. Wie Abb. 4.2 zeigt, sind diese Änderungen einer zeitlichen Dynamik unterworfen und von verschiedenen Faktoren abhängig wie z.B. dem Abfluss im Fliessgewässer und dem Entnahmeregime flussnaher Brunnen, welche die Fluss-/Grundwasser-Interaktion forcieren. Aus diesem Grunde kann das Konzept der schützenden Deckschicht im Kontext der Fluss-/Grundwasser-Interaktion i.a. nicht direkt angewendet werden.

### 4.2.2.2 Grundwasseraufenthaltszeit

Bei der Dimensionierung von Grundwasserschutzzonen stehen v.a. hygienische Aspekte der Wasserqualität im Vordergrund (Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen), aber auch Aspekte der Abwehr der Folgen von Unfällen mit schwach mobilen Wasserinhaltsstoffen. In ihrer geometrischen Ausdehnung erstrecken sich diese Zonen bei Lockergesteinsgrundwasserleitern in der Schweiz typischerweise über wenige hundert Meter [21]. Die Dimensionierungskriterien für die Schutzzone S2 – Abstand in Zustromrichtung von mindestens 100 m und Fließdauer des Grundwassers von mindestens zehn Tagen – wurden deshalb so festgelegt, weil davon ausgegangen wird, dass pathogene Mikroorganismen auf dem Weg zu Entnahmehäusern herausgefiltert oder nach wenigen Tagen im Grundwasser absterben bzw. inaktiv werden.

In der Vergangenheit wurden die Förderbrunnen oft sehr nahe an den Fliessgewässern erstellt. Dies erweist sich heute jedoch als Nachteil, weil die Ziele der Schutzzone S2, nämlich die Verhinderung, dass Keime und Viren in Grundwasserfassungen oder -anreicherungsanlagen gelangen, bei vielen flussnahen Brunnen bereits im nicht revitalisierten Zustand der Fliessgewässer nicht jederzeit erreicht werden können (Tab. 4.1). Die Überlebensfähigkeit von pathogenen Mikroorganismen ist von verschiedenen Umweltfaktoren abhängig wie z.B. Temperatur, Wassergehalt im Boden und Anteil organischer Substanzen [22]. Zahlreiche Untersuchungen und Publikationen dokumentieren die Überlebensdauer pathogener Mikroorganismen im Grund- und Trinkwasser von mehreren Wochen bis mehreren Monaten [z.B. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]. Für die Verbesserung der Rohwasserqualität

bei flussnahen Brunnen ist also nicht primär die Einhaltung der Dimensionierungskriterien der Schutzzonen von Bedeutung, vielmehr spielen Menge und Qualität an jungem Flussinfiltrat und die Aufenthaltszeiten bis zu den Entnahmebrunnen [13] bzw. die Filtrationsleistung der Bereiche zwischen Fließgewässern und Entnahmebrunnen eine Rolle. Die Umsetzung entsprechender Schutzmaßnahmen im regionalen System, wie z.B. die Verbesserung der Fließgewässerqualität, gewinnt damit an Bedeutung (vgl. Kap. 3).

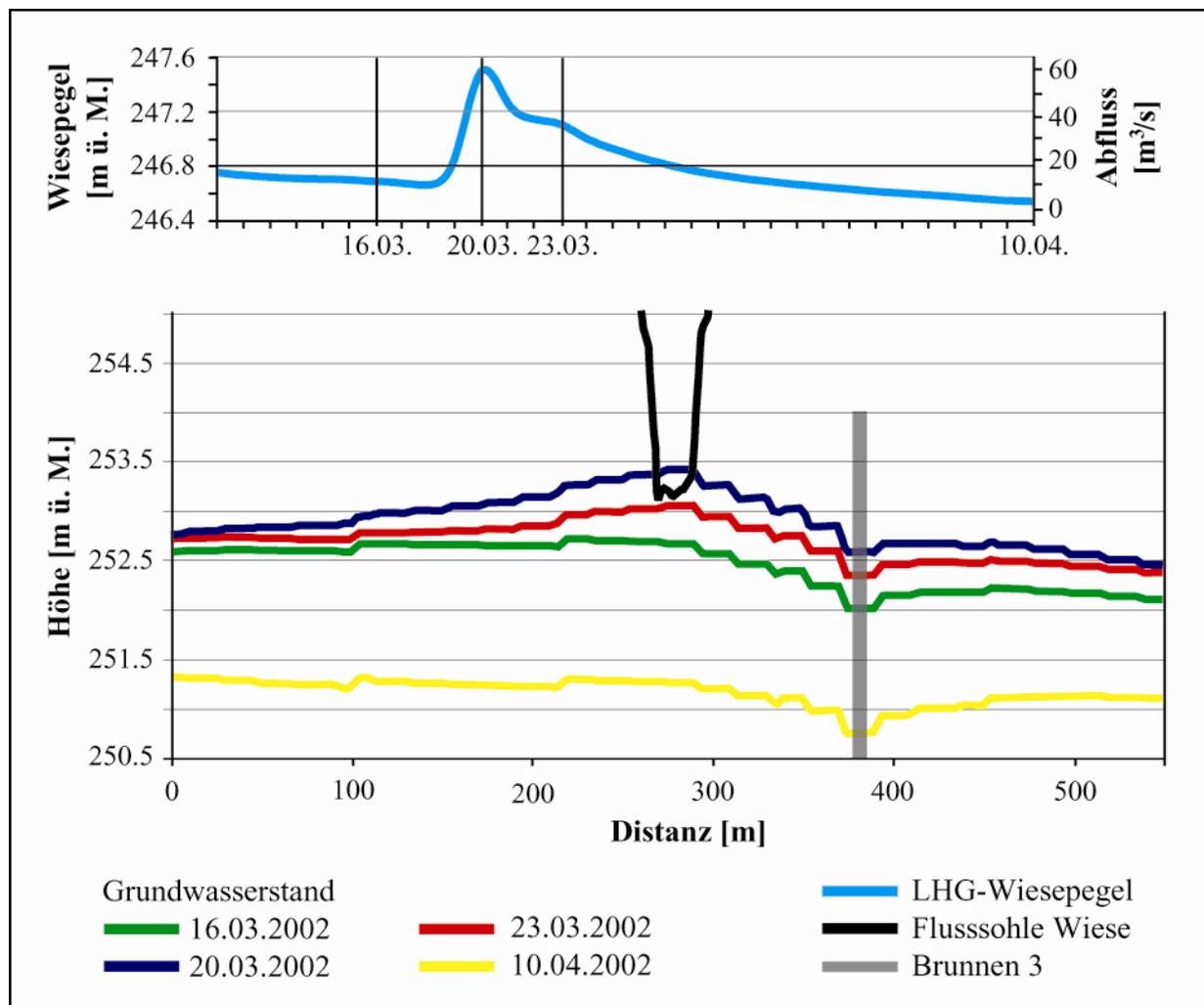


Abb. 4.2 Änderung des hydraulischen Anschlusses zwischen dem Grundwasser und dem Fluss Wiese während einem mittleren Hochwasser (Abflussmaximum  $64 \text{ m}^3/\text{s}$ , LHG-Station liegt ca. 2.5 km flussabwärts von Brunnen 3, Entnahmemenge konstant  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ), Daten aus instationärer Grundwassermodellierung von Mitte März bis Mitte April 2002 [38].

Tab. 4.1 Resultate der Markierversuche (MV) vom März 2002 und Januar 2004 in der Wiese bei Basel. Im Anströmbe- reich von Brunnen 13 befindet sich ein im Rahmen eines Pilotprojekts realisierter revitalisierter Flussabschnitt. (n.b. = nicht berechnet).

MV	Brunnen	Abstand zur Wiese $60^\circ <$ [m]	Minimale Aufenthaltszeit [h]	dominierende Aufenthaltszeit [h]	mittlere Aufenthaltszeit [h]	Anteil Wieseinfiltrat [%]
2002	3	120	24	47	63	4.77
	11	150	35	61	72	0.95
	12	65	16	40	65	9.11
	TB6	200	42	77	-	1.44
2004	5	180	45	75	106	n.b.
	13	140	16	47	76	n.b.

#### 4.2.2.3 Trennung von Fluss und Grundwasser

Im 19. und Anfangs des 20. Jahrhunderts wurden die Fliessgewässer durch Begradigung und Verbau zusehends vom Grundwasser entkoppelt. Vielerorts ist dadurch die natürliche Dynamik der Fliessgewässer stark eingeschränkt worden. Die Kanalisierungen führten zu gleichförmigen Strömungsverhältnissen. Zusätzlich verhindern hart verbaute Ufer die Mobilisierung von Sedimenten durch laterale Erosion bzw. Umlagerungen im Gerinne. Dies fördert die Kolmation der Flusssohle, so dass die Intensität und Häufigkeit des Austausches von Wasser sowie gelösten und partikulären Stoffen zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser sowie die Filtrationsprozesse in der Flusssohle reduziert werden und die Grundwasserneubildung durch Flussinfiltration abnimmt [30].

Kanalisierte Fliessgewässer sind zu einer solchen Selbstverständlichkeit geworden, dass eine annähernde Entkopplung von Fluss und Grundwasser bzw. von Fluss und Flussebene quasi auch in der Raumplanung als gegeben angesehen wird. Das Flussufer scheint zu einer planfähigen Linie geworden zu sein. Und bei der Bezeichnung der Grundwasserschutzzonen und unterirdischen Zuströmbereiche *Zu* werden die Fliessgewässer nicht berücksichtigt. Zudem werden die qualitativen Aspekte der Fliessgewässer dem oberirdischen Gewässerschutzbereich *Ao* und Zuströmbereich *Zo* zugeordnet. Damit ändern in der Vollzugspraxis nicht nur Zuständigkeiten innerhalb der jeweiligen kantonalen Fachstellen, sondern auch die Möglichkeiten der zu treffenden Massnahmen. Diese formale Trennung des hydrologischen Kontinuums ist aus ökologischer Sicht wenig sinnvoll und sogar ein konzeptionelles Hindernis für das Verständnis der Funktionsweise solcher Systeme. Hinsichtlich des eingeleiteten Paradigmenwechsels im Hochwasserschutz (Gewährleistung der Hochwassersicherheit primär durch raumplanerische und ökologische Massnahmen, Forderung der Wiederherstellung naturnaher Verhältnisse) und im Sinne eines nachhaltigen Grundwasserschutzes stellt sich die Frage, ob das Schutzkonzept mit der Trennung von Fluss und Grundwasser nicht schon längst ausgedient hat.

### 4.3 Prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept

Hinsichtlich der Grenzen hydrogeologisch-planerischer Schutzkonzepte und der Tatsache, dass Wasserversorgungen auf viele flussnahe Brunnen angewiesen oder zumindest teilweise angewiesen sind und diese auch über die grösste Zeit des Jahres problemlos nutzen können, geht es um die Frage, wie der Interessenkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung bei einer „sowohl-als-auch-Lösung“ entschärft werden kann, welche Handlungsspielräume sich durch ein prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept erschliessen lassen und welche Handlungsempfehlungen sich daraus für die Praxis ergeben. Die Anforderungen an ein entsprechendes Schutzkonzept wären demnach die Berücksichtigung: a) der Fliessgewässerqualität, b) der Filtrationsleistung der Bereiche zwischen Fluss, Flusssohle bzw. Vorland und Förderbrunnen und c) allfällig vorhandener bevorzugter Fliesswege im Untergrund – und dies bei unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen und Grundwassernutzungen.

Diese Anforderungen an ein Schutzkonzept sind in Abb. 4.3 illustriert. Wird die Fliessgewässerqualität gegen die Filtrationsleistung aufgetragen, lassen sich im Diagramm unterschiedliche Bereiche bezeichnen, welche deutlich zeigen, unter welchen Voraussetzungen Revitalisierungen möglich bzw. nicht sinnvoll sind. Die Trennung dieser Bereiche, der Verlauf der gestrichelten Linie, ist abhängig von der Definition und Skalierung der Diagrammachsen, insbesondere von den Parametern (Wasserinhaltsstoffe), welche für die Charakterisierung der Fliessgewässerqualität verwendet werden (z.B. *E.coli*). Eine entsprechende Wahl eines Parameters, einer Kombination von Parametern oder entsprechender Frachten müsste in Abhängigkeit der Problemstoffe im Fliessgewässer resp. im Einzugsgebiet erfolgen. Die Filtrationsleistung, als Quotient einer Konzentration oder Fracht eines Parameters im geförderten Rohwasser und im Fluss, ist insbesondere abhängig von: a) der Konzentration des Parameters (bei Frachten auch vom Abfluss) und dessen Eintrag im Fluss (konstant, stossweise, punkt-/linien-/flächenförmig), b) den strukturellen Eigenschaften des Aquifers (homo-

gen/inhomogen, isotrop/anisotrop, K-Wert Flusssohle/ungesättigte Zone/gesättigte Zone, Porosität), c) der Grundwasserströmung (Geschwindigkeit, Richtung, Dimensionalität, Abfluss im Fließgewässer, Entnahmeregime im Förderbrunnen, Existenz bevorzugter Fließwege), d) den Eigenschaften des Parameters (Löslichkeit, Diffusionskoeffizient, Adsorptionseigenschaften, Persistenz, Abbaubarkeit), e) den Eigenschaften des Grundwassers (Temperatur, Dichte, Viskosität) und f) dem Entnahmeregime im Förderbrunnen.

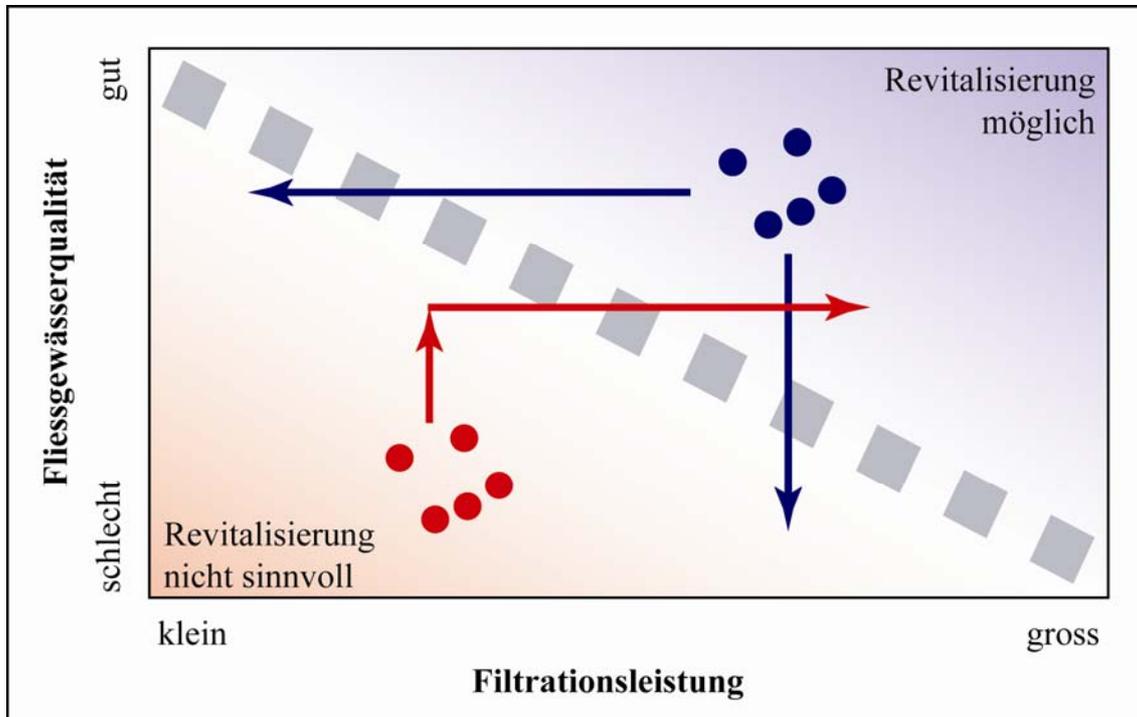


Abb. 4.3 Konzeptionelles Diagramm der Anforderungen eines prozessbasierten und qualitätsorientierten Schutzkonzepts zur Beurteilung von Revitalisierungsvorhaben (Filtrationsleistung im Bereich zwischen Fließgewässer und Entnahmebrunnen).

Es ist anzunehmen, dass für einen Förderbrunnen mit nahe gelegenem Flussabschnitt eine charakteristische Filtrationsleistung und Fließgewässerqualität existiert, darstellbar als Punktwolke im Diagramm von Abb. 4.3. Durch Revitalisierungsmassnahmen nimmt die Filtrationsleistung zumindest zeitweise ab. Um die Qualitätsziele bei Entnahmebrunnen möglichst zu erreichen, sollte das Unterschreiten der gestrichelten Linie jedoch vermieden werden. Durch eine Verschlechterung der Fließgewässerqualität kann die gestrichelte Linie ebenfalls unterschritten werden. Kann ein Förderbrunnen mit nahe gelegenem Flussabschnitt im Diagramm von Abb. 4.3 durch eine Punktwolke charakterisiert werden, die unterhalb der gestrichelten Linie liegt, so ist, um die Chance und den Freiheitsgrad einer allfälligen Revitalisierung überhaupt erst zu ermöglichen, die Fließgewässerqualität zu verbessern und/oder die Filtrationsleistung zu erhöhen. Die Fließgewässerqualität kann primär durch Massnahmen im Einzugsgebiet verbessert werden, z.B. durch die Optimierung der Siedlungsentwässerung. Die Filtrationsleistung kann durch verschiedene Massnahmen erhöht werden, z.B. durch das Versetzen flussnaher Brunnen (Vergrößerung Filterstrecke), durch flussbauliche Massnahmen (Einbringen von Barrieren) oder durch Anpassungen der Entnahmeregimes in Förderbrunnen an die Abflussverhältnisse (Verringerung der Grundwasserentnahme bei erhöhten Abflüssen).

Abgesehen von den noch zu klärenden Detailfragen bezüglich Definition und Skalierung der Diagrammachsen und der Charakterisierung des Verlaufs der gestrichelten Linie, orientiert sich ein solches Schutzkonzept an den Zielen des Grundwasserschutzes und derjenigen naturnaher Gewässerökosysteme und repräsentiert bezüglich hydrogeologischer Aspekte einen effizienten und nachhaltigen Problemlösungsansatz. Zudem wäre die Umsetzung eines wirksamen, rein auf planerischen

Grundlagen basierenden Grundwasserschutzes entlang der Fließgewässer infolge begrenzter Raumverhältnisse in den schweizerischen Flusstälern kaum realisierbar.

#### 4.4 Konzeptionelles Beispiel

Auf konzeptioneller Ebene werden im Folgenden obgenannte Ausführungen illustriert. Abbildung 4.4 dokumentiert die Situation, wie sie bei vielen flussnahen Brunnen anzutreffen ist: Fließgewässer verlaufen innerhalb oder am Rande der Schutzzone S2. Feldversuche (Markerversuche, Wasseranalysen), welche unter erhöhten Abflüssen durchgeführt wurden, dokumentieren bevorzugte Fließwege zwischen Fließgewässern und Entnahmebrunnen mit Aufenthaltszeiten von weniger als zehn Tagen [32]. Aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen (Anh. 4 Ziff. 222 GSchV [11]) sind das Erstellen von Anlagen sowie Grabungen, welche die schützende Deckschicht nachteilig verändern, in der Schutzzone S2 verboten. Die Wegleitung Grundwasserschutz [20] verbietet deshalb Revitalisierungen innerhalb dieser Zone. Dies führt bei entsprechendem Vorgehen zwar zur Einhaltung der geltenden Bestimmungen, trägt aber zum Erreichen des Ziels der Schutzzone S2 – eine gute hygienische Wasserqualität – nur wenig bei, denn bevorzugte Fließwege bringen junges Flussinfiltrat unter bestimmten hydrologischen Bedingungen trotzdem innerhalb von wenigen Tagen bis zur Fassung. Ein solches Vorgehen funktioniert nur solange ein Fließgewässer qualitativ nicht übermässig belastet ist und/oder die Filtrationsleistung im Bereich zwischen Fließgewässer und Entnahmebrunnen ausreicht, um angestrebte Konzentrations- oder Frachtenreduktionen entsprechender Parameter zu erreichen. Im Prinzip spielt es jedoch eine untergeordnete Rolle, ob innerhalb oder ausserhalb der Schutzzone S2 revitalisiert wird, denn die Anforderung der Grundwasseraufenthaltszeit von zehn Tagen kann oftmals nicht für alle hydrologischen Situationen und Entnahmeregimes dieser Förderbrunnen eingehalten werden. Zudem bietet das Zehn-Tages-Konzept aufgrund der Überlebensfähigkeit pathogener Mikroorganismen keine Gewähr, die Ziele der Schutzzone S2 zu erreichen und damit auch keinen ausreichenden Schutz vor möglicher mikrobiologischer Belastung des Rohwassers. Schutzzonen repräsentieren lediglich ein Schutzelement im Prozess der Trinkwasserproduktion.

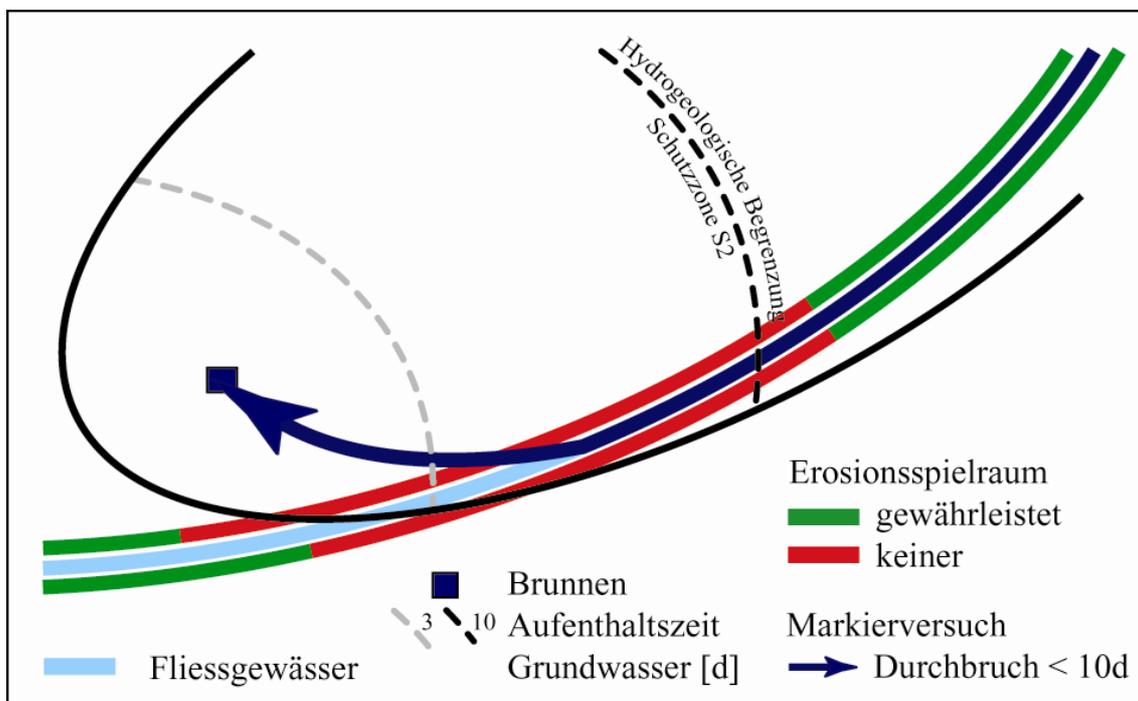


Abb. 4.4 Schematische Darstellung der hydrogeologischen Situation zahlreicher flussnaher Brunnen in der Schweiz. Im Falle der Töss im Leisental ist gemäss Unterhalts- und Entwicklungskonzept innerhalb der hydrogeologischen Schutzzone S2 auf der dem Pumpwerk abgewandten Seite zusätzlich ein begrenzter Erosionsspielraum zugelassen [31].

Ein nachhaltiger Grundwasserschutz hingegen orientiert sich an den vorgegebenen Zielen. Dies erfordert bei derart dynamischen Systemen wie der Fluss-/Grundwasser-Interaktion Massnahmen z.B. im Bereich der Fassung, dem Uferbereich oder den Fließgewässern bzw. im gesamten Einzugsgebiet. Abbildung 4.5 dokumentiert einige dieser möglichen Massnahmen, welche situationsgerecht und unter Berücksichtigung der gegenseitigen Wechselwirkungen für jeden Einzelfall getroffen werden können. Insbesondere auch hinsichtlich einer Reihe anderer, nicht-hygienischer Parameter dürfte sich ein solches prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept als wirksamer und nachhaltiger erweisen als die geltende Regelung.

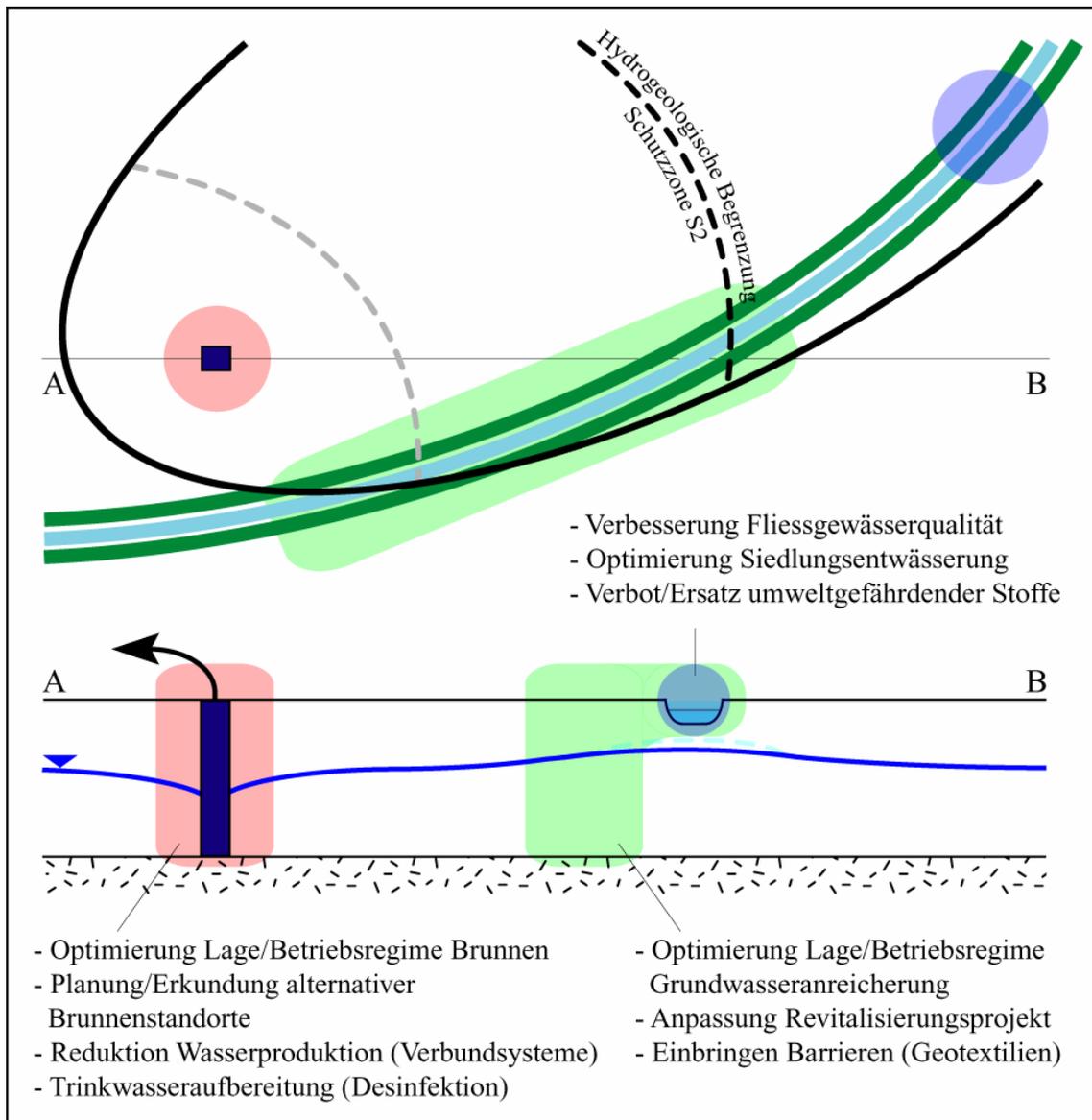


Abb. 4.5 Schematische Darstellung eines nachhaltigen Grundwasserschutzes mit Berücksichtigung der Fließgewässer, der Uferbereiche sowie der Entnahmebrunnen.

#### 4.4.1 Markierversuche

Zur konkreten Ermittlung der potenziellen Gefährdung von flussnahen Brunnen bei Hochwasser werden oft Markierversuche durchgeführt. Die Auswertung der Durchgangskurven liefert neben Aufenthaltszeiten auch Angaben über Mengenanteile an jungem Flussinfiltrat (Tab. 4.1). Aus diesen Daten können Interventionszeiten und Gefährdungspotenziale abgeleitet werden. Die Beurteilung des damit verbundenen Risikos für die Wasserversorgung ergibt sich aus der Beachtung der Häufigkeit entsprechender Hochwasserereignisse und des damit verbundenen Schadensausmasses.

Die berechneten Anteile Wieseinfiltrat in Tab. 4.1 basieren auf zahlreichen Annahmen und den hydraulischen Bedingungen der Hochwassersituation vom 20. März 2002 (Abfluss  $63 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sowie den entsprechenden Pumpraten in den Brunnen. Sie sind deshalb als Minimalwerte zu betrachten. Gemäss Hochwasserstatistik des BWG wurde der Abfluss von  $63 \text{ m}^3/\text{s}$  im Jahr 2002 während sechs Tagen erreicht oder überschritten. Diesem Risiko begegnet die Wasserversorgung durch vorzeitige Ausserbetriebnahme der entsprechenden Brunnen (Grundwassermanagement).

#### 4.4.2 Partikelanalysen

Ergebnisse von Untersuchungen deuten darauf hin, dass Mikroorganismen an Partikel gebunden mit der Grundwasserströmung transportiert werden [33]. Die Partikelzahl ist somit ein weiterer relevanter Parameter für die Beurteilung der Wasserqualität. Zählungen von Partikeln mit dem Durchmesser zwischen  $1\text{-}20 \mu\text{m}$  wurden in den Langen Erlen in Brunnen 3 online durchgeführt (Abb. 4.6). Die Partikelzahl im geförderten Wasser ist deutlich vom Hochwasser beeinflusst, wobei das Maximum der Gesamtpartikelzahl mit geringer Verzögerung nach dem Hochwassermaximum gemessen wurde. Der Durchbruch der kleinen Partikel mit  $1\text{-}5 \mu\text{m}$  Durchmesser erfolgt vor demjenigen der grösseren Partikel ( $5\text{-}20 \mu\text{m}$ ). Die grösseren Partikel weisen eine Verzögerung des Durchbruchs um etwa einen Tag gegenüber dem maximalen Wieseabfluss auf.

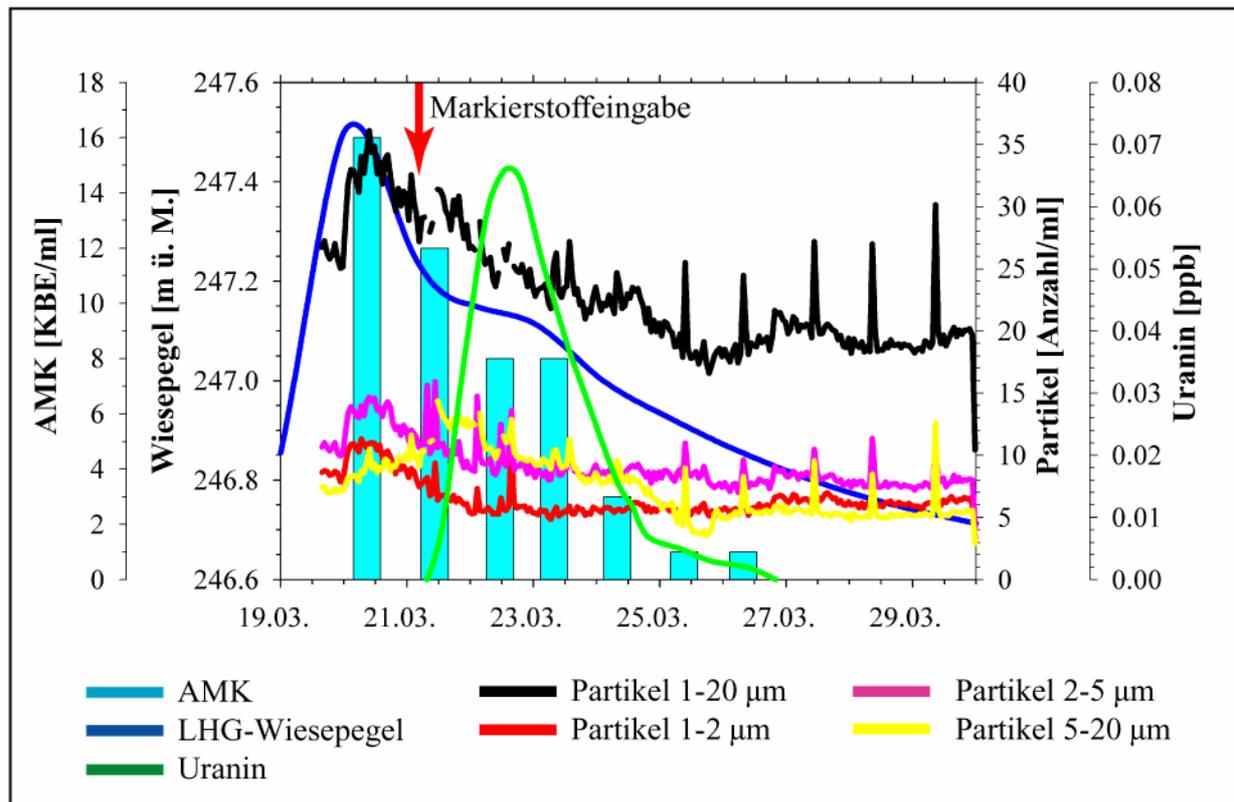


Abb. 4.6 Partikelanalyse und Uranin-Durchbruchskurve zwischen Mitte und Ende März 2002 in Brunnen 3 in den Langen Erlen.

Die Indikatorkeime *E.coli* und Enterokokken haben einen Durchmesser von ca.  $0.5\text{-}1.5 \mu\text{m}$  und eine Länge von  $2\text{-}4 \mu\text{m}$  [27]. Sie können also mit den kleinen Partikeln von  $1\text{-}5 \mu\text{m}$  Durchmesser verglichen werden. Eine erhöhte mikrobiologische Belastung von *E.coli* und Enterokokken in der Wiese wirkt sich relativ schnell in einzelnen flussnahen Brunnen aus [34]. Clostridien besitzen einen Durchmesser von  $0.9\text{-}1.3 \mu\text{m}$  und eine Länge von  $3\text{-}9 \mu\text{m}$  [27]. Sie entsprechen dem Bereich der Partikel von  $1\text{-}20 \mu\text{m}$  Durchmesser. Ausgehend von der Partikelanalyse ist anzunehmen, dass der Transport von Clostridien gegenüber *E.coli* und Enterokokken verzögert wird. Der Durchbruch von

Partikeln in Brunnen 3 erfolgt je nach Partikelgrösse um 1-2 Tage schneller als derjenige von Uranin (Abb. 4.6). Diese Beobachtung dokumentiert, dass sich hydraulische, chemische und biologische Prozesse unterschiedlich auf gelöste und partikuläre Stoffe auswirken.

In heterogenen Systemen wird ein Zusammenhang zwischen Partikeltransport und der Varianz der hydraulischen Leitfähigkeit vermutet [35]. Zudem weist Uranin in sandigem Kies, wie er für die Langen Erlen typisch ist, einen Retardationsfaktor von 1.2 auf und die Nachweisgrenze liegt bei 0.002 ppb [36]. Bei den Partikeln muss jedoch angenommen werden, dass diejenigen, die den Durchbruch zum Brunnen schafften, bevorzugte Fliesswege benutzt haben. Es bleibt aber zu überprüfen, ob die gegenüber Uranin einen vorzeitigen Peak verursachenden Partikel während Hochwasser sich im Fliessgewässer oder bereits im Aquifer aufhalten und lediglich durch Druckübertragung von Hochwasserwellen weitertransportiert werden (piston-flow effect). Zudem ist die kontinuierliche Partikelmessung im untersten Konzentrationsbereich störungsanfällig und die Interpretation der erhaltenen Werte entsprechend schwierig.

#### 4.4.3 Modellszenarien

Bei der Charakterisierung der Fluss-/Grundwasser-Interaktionsprozesse werden numerische Simulationsmodelle an Bedeutung gewinnen. Solche Modelle stellen ein wertvolles Hilfsmittel dar, gestützt auf hydrogeologische Daten, Kennwerte und Betriebsdaten, hydrogeologische Zonen, Einzugsgebiete bzw. Zuströmbereiche von Grundwasserfassungen zu bestimmen bzw. zu schätzen [21]. Sie erlauben auch, die Sensitivität des untersuchten Systems auf bestimmte Parameter und Bedingungen zu untersuchen und, als Prognosewerkzeug, geplante Massnahmen zu evaluieren und optimieren sowie erwartete Konsequenzen aus Entscheiden zu bewerten [37].

##### 4.4.3.1 *Ist-Zustand Lange Erlen*

Für das Gebiet der Langen Erlen wurde ein FD-Grundwassermodell erstellt [38, 39]. Die Ergebnisse der regionalen Strömungsmodellierung von Mitte März bis Mitte April 2002 zeigen ein stark instationäres Grundwasserfließregime. Dieses wird v.a. durch das Entnahme- und Anreicherungsregime der Wasserversorgung als auch durch das Hochwasser in der Wiese vom 20. März 2002 beeinflusst. Durch den Anstieg des Abflusses wird das Vorland überflutet und dadurch die Infiltration erhöht. Bei mittlerem Abfluss ist die Wiese vom Grundwasser teilweise entkoppelt, wobei der Abstand vom Grundwasser zur Wiesesohle von den oberen Langen Erlen flussabwärts zunimmt. Bei Hochwasser (Grundwasserhochstand und starke Flussinfiltration) kommt es jedoch zu einer Anbindung des Grundwassers an die Wiese, was bei gleichzeitigem Betrieb flussnaher Brunnen zu einer Vergrößerung des hydraulischen Gradienten führt (Abb. 4.2) und bevorzugte Fliesswege in den Anströmbereichen der Entnahmebrunnen verstärkt aktiviert.

In Abb. 4.7a sind instationär gerechnete und mittels Stromlinien dargestellte Zehn-Tages-Anströmbereiche für verschiedene Zeitperioden und relevante Abflussverhältnisse dokumentiert (Hochwasser zunehmend, Hochwasser abnehmend, Niedrigwasser). Die Zehn-Tages-Anströmbereiche, die sich mit dem Lauf der Wiese überschneiden, verdeutlichen die potenzielle Gefährdung einer Reihe von Brunnen durch Fremdstoffe und Mikroorganismen im Wieseinfiltrat. Markierungsversuche zeigen, dass mindestens sechs Brunnen bei Hochwasser potenziell durch pathogene Mikroorganismen gefährdet sind (Tab. 4.1).

##### 4.4.3.2 *Revitalisierungsszenario*

Basierend auf dem Grundwassermodell wurde für das Gebiet der Langen Erlen ein konzeptionell ausgerichtetes Revitalisierungsszenario entwickelt. Dabei wurden keine detaillierten betrieblichen Bedingungen der Wasserversorgung berücksichtigt. Dieses Szenario entspricht somit keinem realen

Planungsvorhaben, sondern hat lediglich konzeptionellen Charakter (keine Machbarkeitsstudie). Es dient zur Illustration einiger Aspekte des prozessbasierten und qualitätsorientierten Schutzkonzepts bzw. der Auswirkungen unterschiedlicher Grundwasserentnahmestrategien unter veränderten Bedingungen.

In diesem Modellszenario wurde die Wiese innerhalb eines Pendelbereichs bis auf maximal vier Flussarme aufgeweitet und deren Infiltrationskapazität entsprechend angepasst. Das Szenario erfasst wiederum das mittlere Hochwasser vom März 2002. Zahlreiche Brunnen und Nebenbrunnen wurden aufgegeben und deren Entnahmemengen auf die verbleibenden sowie drei weiter von der Wiese entfernte Ersatzbrunnen verteilt. Der zeitliche Betrieb der Entnahmebrunnen und Anreicherungsfelder (keine Grundwasseranreicherung während des Hochwassers), die Gesamtmenge an angereichertem und entnommenem Grundwasser sowie die Randbedingungen wurden nicht verändert.

Hinsichtlich des prozessbasierten und qualitätsorientierten Schutzkonzepts wird in diesem Szenario (Abb. 4.7b) die Filtrationsleistung lediglich durch die Vergrößerung des Abstandes der Brunnen zur Wiese erhöht und nicht etwa durch Verminderung der Grundwasserentnahme bei erhöhtem Abfluss. Die Grundwasserentnahme in den verbleibenden Brunnen wurde sogar erhöht. Die Standorte der Anreicherungsfelder wurden nicht verändert. Durch diese Brunnenanordnung werden die Aufenthaltszeiten des Grundwassers vergrößert und die Wahrscheinlichkeiten des Anströmens von jungem Wieseinfiltrat stark verkleinert.

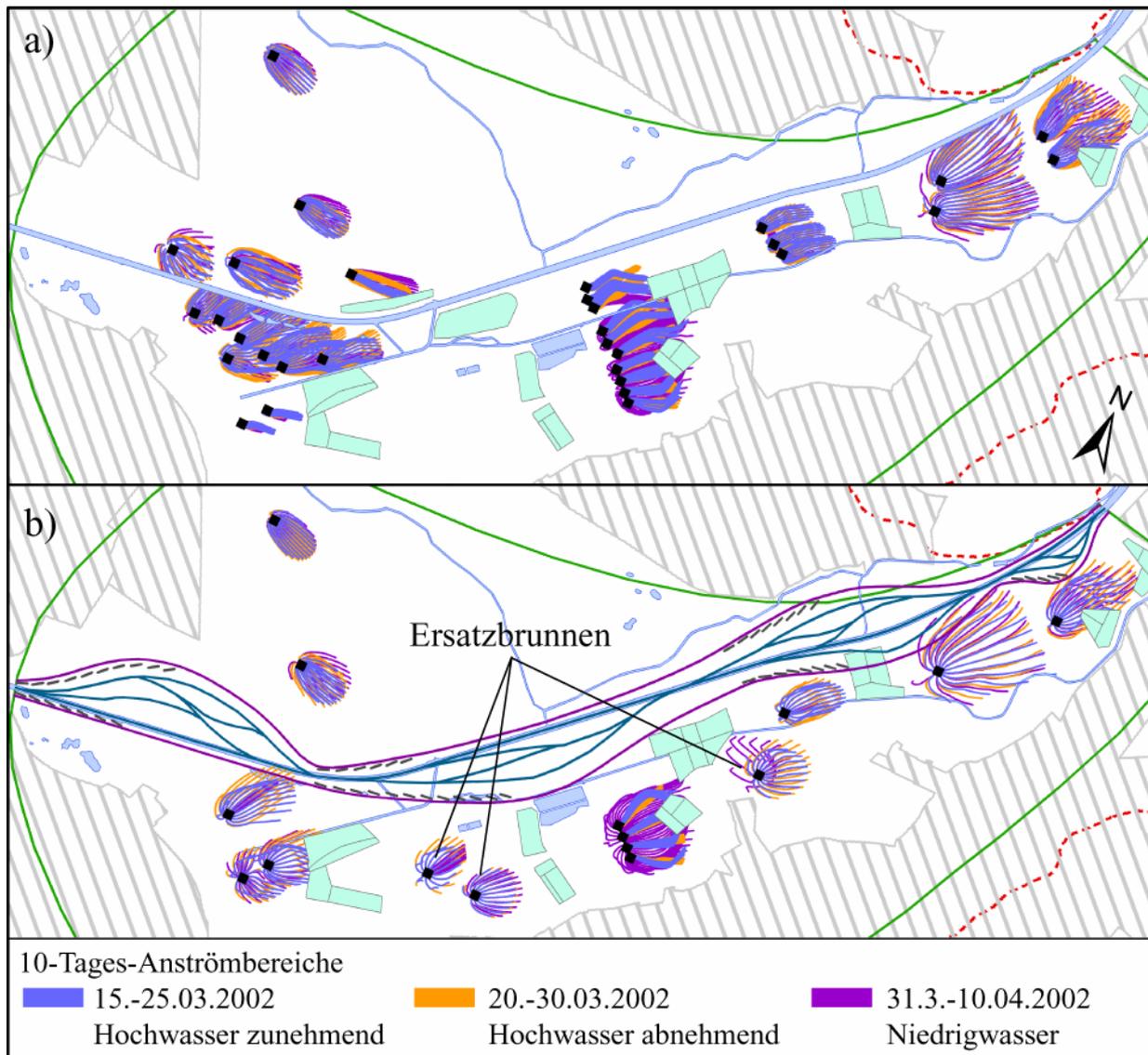


Abb. 4.7 Zehn-Tages-Anströmbereiche von Grundwasserbrunnen in den Langen Erlen zwischen Mitte März und Mitte April 2002: a) Ist-Zustand; b) Revitalisierungsszenario.

Um die Filtrationsleistung im Bereich zwischen Wiese und den Entnahmebrunnen zu erhöhen, wären aber auch hydraulisch oder flussbaulich ausgerichtete Massnahmen denkbar, wie z.B. die Optimierung der Anordnung und des Betriebs von Anreicherungsfeldern oder das Verlegen von Geotextilien, die eine Verzögerung der Grundwasseraufenthaltszeit bewirken und insbesondere die verstärkte Aktivierung bevorzugter Fliesswege verringern (Abb. 4.5). Mit konzeptionellen Szenarien wären jedoch die kleinsten irreversiblen baulichen Massnahmen erforderlich, um den gesetzlich geforderten ökologischen und nachhaltigen Gewässerschutz zu gewährleisten.

## 4.5 Schlussfolgerungen

Im Zielkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung nachhaltige Lösungen zu finden, ist aufgrund der unterschiedlichen Interessen bezüglich der Nutzung von Flussebenen eine grosse transdisziplinäre Herausforderung. Die bestehenden Konzepte im planerischen Gewässerschutz werden der Komplexität der geforderten, verbesserten Fluss-/Grundwasser-Interaktion, insbesondere in urbanen und landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten, nicht gerecht und führen in vielen Situationen zu Widersprüchen. Ein nachhaltiger Grundwasserschutz sollte aber die dynamischen Prozesse der Fluss-/Grundwasser-Interaktion berücksichtigen. Dies erfordert jedoch ein Umdenken bezüglich der Schutzkonzepte. Nur dadurch wird er in der Lage sein, wirksame und effiziente Lösungen zu finden.

Durch planerische, organisatorische und technische Massnahmen lässt sich ein grosser Handlungsspielraum in diesem Interessenkonflikt erschliessen. Eine Erweiterung der bestehenden Schutzkonzepte durch ein prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept, das die Fliessgewässerqualität und die Filtrationsleistung der Bereiche zwischen Fliessgewässern und Entnahmebrunnen berücksichtigt, würde das Vorsorge- und Verursacherprinzip weiter verstärken und sich auf den gesamten Gewässerschutz positiv auswirken. Die Umsetzung entsprechender Schutzmassnahmen im regionalen System, wie z.B. die Verbesserung der Fliessgewässerqualität im Einzugsgebiet, gewinnt damit an Bedeutung. Ein solches Konzept orientiert sich an den verschiedenen Zielen wasserwirtschaftlicher Tätigkeiten und repräsentiert einen integralen Lösungsansatz.

Die Anwendung eines entsprechenden Schutzkonzepts wäre erst erforderlich, wenn insbesondere konzeptionelle Handlungsspielräume wie z.B. Neukonzessionierung, Verbundsysteme und Raumplanung (Nutzungsentflechtung durch Richt- und Nutzungsplanung) ausgereizt sind. Ein prozessbasiertes und qualitätsorientiertes Schutzkonzept setzt jedoch detaillierte Kenntnisse der lokalen Situation (hydrogeologische Aspekte, ortsspezifische und zeitliche Auswirkungen des Abflusses im Fliessgewässer auf die Wasserqualität in den Entnahmebrunnen, etc.) und die Bereitschaft voraus, auf dynamische Veränderungen einzugehen. Es repräsentiert eine Regelung bei Veränderungen und nicht nur eine Regelung von Zuständen und wäre der Beginn eines 4-dimensionalen Grundwasserschutzes (drei Raumrichtungen und Zeit). Dies bedingt jedoch die Entwicklung und Installation kontinuierlich messender Systeme (Monitoring), welche eine eindeutige Korrelation zwischen hygienisch relevanten Parametern und entsprechenden Messgrössen erlauben. Es hat aber auch zur Folge, dass bei jedem Revitalisierungsvorhaben eine Interessenabwägung vorgenommen werden muss.

Verbesserte Systemkenntnisse (Feld- und Laboruntersuchungen, Modellierungen) und die Analyse möglicher Auswirkungen von Eingriffen unter bestimmten Randbedingungen (Szenariotechnik) ermöglichen eine differenzierte Beurteilung der Sicherheit flussnaher Brunnen und stellen wertvolle Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dar. Sie dienen dazu, denkbare Möglichkeiten systematisch zu charakterisieren und haben die Funktion, bei anstehendem Handlungsbedarf bestehende Unsicherheiten aufzuzeigen. Sie können jedoch den Entscheid selbst nicht ersetzen, hierzu braucht es den Willen aller Entscheidungsträger sowie eine offene Haltung bei der Entwicklung und Beurteilung von Handlungsoptionen.

## 4.6 Zitierte Literatur

- [1] Götz A. & Furrer C. 1998. Zur Entwicklung der Wasserwirtschaft in der Schweiz. *Gas Wasser Abwasser* 6: 471-475.
- [2] Michel P. & Ulrich H. 1998. Die Wasserressourcen, Basis für die nachhaltige Entwicklung. *Gas Wasser Abwasser* 6: 436-440.
- [3] Roch P. 1998. Die Schweiz auf dem Weg zur nachhaltigen Entwicklung. *Gas Wasser Abwasser* 6: 476-479.
- [4] Bundi U. 2000. Nachhaltige Wassernutzung in der Schweiz, in Europa und weltweit. *Thema Umwelt* 1: 22-23.
- [5] Furrer C. 2003. Interview. *Gas Wasser Abwasser* 9: 635-637.
- [6] Bundesumweltministerium 2000. Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik ([www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl-d.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl-d.pdf)).
- [7] BUWAL & BWG 2003. Leitbild Fließgewässer Schweiz. Für eine nachhaltige Gewässerpolitik. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft & Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern, 1-12.
- [8] Bundesgesetz über den Wasserbau (Wasserbaugesetz, WBG) vom 21. Juni 1991 [SR 721.201].
- [9] Verordnung über den Wasserbau (Wasserbauverordnung, WBV) vom 2. November 1994 [SR 721.100.1].
- [10] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 [SR 814.20].
- [11] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 [SR 814.201]
- [12] Scheurer T., Pieren K. & Gutscher H. 2002. Problemfelder der transdisziplinären Zusammenarbeit in der Wasserforschung: Eine Bilanz der ICAS/IHDP-Tagungen. In: Gutscher H., Werlen I., Pieren K., Scheurer T., Reynard E. & Kaufmann V. (Hrsg.). *Das Wasser der Alpen, Nutzungskonflikte und Lösungsansätze*. Interakademische Kommission Alpenforschung, Bern, 9-13.
- [13] Hoehn E. 2005. Flussnahes Grundwasser strömt in Etagen. *Gas Wasser Abwasser* 11: S. 905.
- [14] Schweizerisches Lebensmittelbuch (LMB), Kapitel 27 A Trinkwasser.
- [15] Verordnung über die hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände, Räume, Einrichtungen und Personal (Hygieneverordnung, HyV) vom 26. Juni 1995 [SR 817.051].
- [16] Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV) vom 26. Juni 1995 [SR 817.021.23].
- [17] Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (Natur- und Heimatschutzgesetz, NHG) vom 1. Juli 1966 [SR 451].
- [18] Verordnung über den Schutz der Auengebiete von nationaler Bedeutung (Auenverordnung) vom 28. Oktober 1992 [SR 451.31].
- [19] Huber-Wälchli V 2005. Grundwasserschutz – Revitalisierung von Fließgewässern, Rechtliche Grundlagen. Stand der Erkenntnisse vom 27. November (unveröffentlicht).
- [20] BUWAL 2004. Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 1-141.
- [21] Stauffer F. & Kinzelbach W. 2001. Zuströmbereiche für Grundwasserfassungen – Bestimmung in Lockergesteinsgrundwasserleitern. *Gas Wasser Abwasser* 1: 15-20.
- [22] Yates M.V. & Yates S.R. 1988. Modeling microbial fate in subsurface environment. *Critical Reviews in Environmental Control* 18: 307-344.
- [23] Merkli B. 1975. Untersuchungen über Mechanismen und Kinetik der Elimination von Bakterien und Viren im Grundwasser. Dissertation Nr. 5420, ETH Zürich.
- [24] Seiler K.-P. 1988. Die mechanische Ausfilterung von *Escherichia coli* in quartären Kiesen Oberbayerns. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft* 139: 475-484.
- [25] Blotzenhard K. 2000. Viren als Erreger wasserbedingter Infektionen. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 91: 26-43.
- [26] Nadal D. 2001. Virusinfektionen beim Menschen, Infektketten, Auswirkungen von Prophylaxe. *Gas Wasser Abwasser* 5: 299-303.
- [27] Auckenthaler A. & Huggenberger P. 2003. Pathogene Mikroorganismen im Grund- und Trinkwasser. Transport – Nachweismethoden – Wassermanagement. Birkhäuser Verlag, Basel, 1-184.
- [28] Füsli H.P., Beuret C. & Egli T. 2005. Mikrobiologische Belastung des Trinkwassers – In Trinkwasserfassungen ländlicher Regionen. *Gas Wasser Abwasser* 11: 859-865.
- [29] Greber E., Cornaz S., Herold T., Kozel R., Metzler A. & Traber D. 2005. Viren und Protozoen in schweizerischen Grundwasservorkommen. *Gas Wasser Abwasser* 11: 867-877.
- [30] Kozel R. 2005. Viele Pumpbrunnen stehen zu nahe am Fluss. *Aquaterra* 2: 11-12.
- [31] Oplarka M. 2000. Die teilweise befreite Töss gestaltet ihr Flussbett. In: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) (Hrsg.). *Wasserbau im Kanton Zürich – Ökologie, Hochwasserschutz, Wiederbelebung, Unterhalt*. Zürich, 49-52.
- [32] Huggenberger P., Regli C., Epting J. & Guldenfels L. 2004. Revitalisierung von Fließgewässern in Grundwasserschutzgebieten – ein Oxymoron? *Regio Basiliensis* 45(3): 195-213.
- [33] McCarty J.F. & Zachara J.M. 1989. Subsurface transport of contaminants. *Environmental Science & Technology* 23/5: 496-502.
- [34] Regli C., Rauber M. & Huggenberger P. 2003. Analysis of aquifer heterogeneity within a well capture zone, comparison of model data with field experiments: A case study from the river Wiese, Switzerland. *Aquatic Sciences* 65: 111-128.
- [35] Rehmann L., Welty C. & Harvey R. 1999. Stochastic analysis of virus transport in aquifers. *Water Resources Research* 35/7: 1987-2006.
- [36] Schudel B., Biaggi D., Dervev T., Kozel R., Müller I., Ross J.H. & Schindler U. 2002. Einsatz künstlicher Tracer in der Hydrogeologie – Praxishilfe. Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern, Serie Geologie Nr. 3, 1-75.
- [37] Reichert P. & Pahl C. 1999. Wie können Modelle zu Umweltentscheidungen beitragen? *EAWAG news* 47d: 3-5.
- [38] Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel 2003. Lange Erlen – Grundwassermodell 2002. Technischer Bericht. Baudepartement Basel-Stadt, 1-42.

- 
- [39] Regli C., Guldenfels L. & Huggenberger P. 2004. Revitalisierung von Fließgewässern im Konflikt mit der Grundwassernutzung. Gas, Wasser, Abwasser 4: 261-272.



# Teil Sozialgeographie



## 5 Akzeptanz naturnaher Gewässerlandschaften in der Stadt

*Heike Freiburger*

### Zusammenfassung

Naherholungsgebiete in urbanen Räumen sind stark frequentierte Gebiete. Die Bevölkerung nutzt diese Wohnumgebung und nimmt den Raum und das Naturerlebnis darin bewusst in Anspruch. Damit sind bauliche Veränderungen in diesen Räumen der Beobachtung und Skepsis der Nutzer ausgesetzt; dementsprechend ist die Wahrnehmung und v.a. die Akzeptanz durch die Bevölkerung eine Voraussetzung für das Gelingen von geplanten Baumassnahmen. Das trifft auch auf die hier untersuchten Gebiete der revitalisierten Birs, des Parks „Im Grünen“ und des Bergsees in Bad Säckingen zu. Die Untersuchungen zeigen, dass bei der Bevölkerung auch mitten in der Stadt eine grosse Akzeptanz für naturnah gestaltete Erholungsgebiete vorhanden ist und derart veränderte Uferlandschaften sogar besondere Beliebtheit erfahren. Eine Akzeptanz für derartige Massnahmen ist allerdings eng gekoppelt an eine umfassende Informationspolitik durch die Behörden und Verantwortlichen. Der Einbezug der Gestaltungsvorschläge der betroffenen Bevölkerung in die Planung kann zum Gelingen von Revitalisierungsvorhaben beitragen.

### 5.1 Einleitung

Der sozialgeographische Teilbereich des Projektes befasste sich mit der Wahrnehmung von Naherholungsgebieten durch Besucher sowie mit der Akzeptanz von Revitalisierungsmassnahmen in stark frequentierten Gebieten. Für die Untersuchungen wurden drei verschiedene Gebiete ausgewählt, deren Natürlichkeit einerseits durch weit reichende Eingriffe des Menschen begrenzt und verändert ist, die aber andererseits als „natürliche“ Naherholungsgebiete für die Bevölkerung grossen Wert besitzen und damit starkem Nutzungsdruck ausgesetzt sind. Es handelt sich um folgende Gebiete:

- Flusslauf der Birs im Bereich Birsfelden (BL) und Basel (Breite-Quartier),
- Seenlandschaft in der Brüglinger Ebene (BL),
- Bergsee von Bad Säckingen (D).

#### 5.1.1 Flusslauf der Birs

Im Sommer 2002 begannen umfangreiche Baumassnahmen an der Birs. Der Bau des neuen Abwasserkanals bot neben der Verbesserung der Wasserqualität der Birs die Chance, den Fluss im Zuge der notwendigen Bauarbeiten gleichzeitig zu revitalisieren (Golder 2004). Das seit 1980 auf beiden Seiten betonierte Ufer wurde aufgebrochen und die Ufer naturnah gestaltet. Die Revitalisierung der Birs unterscheidet sich von anderen Projekten dieser Art durch die Lage des Flusses inmitten des Wohngebietes.

Diese spezielle Konstellation ermöglichte es, anhand einer Befragung zu untersuchen, inwieweit die Anwohner den Fluss als urbanes Gewässer nutzen und wie die Veränderungen von den betroffenen Menschen (Birsfelden und Breite-Quartier) beurteilt werden. Projekte, die grosse Veränderungen mit sich bringen und die Nutzerinnen und Nutzer eines Gebietes in dieser Masse betreffen, brauchen die Unterstützung oder wenigstens die Akzeptanz der Betroffenen (Wüthrich et al. 2003). Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, müssen die jeweiligen Interessen untersucht und aufeinander abgestimmt werden. Die Auswertung der Befragungen gibt darüber Aufschluss, wie sich die Anwohner einen optimalen Zustand eines Flusses in der Stadt vorstellen.

### 5.1.2 Park „Im Grünen“

Neben dem Flusslauf der Birs ist auch das südliche Gebiet der zweiten Schweizerischen Landesausstellung für Garten- und Landschaftsbau (1980) in der Brüglinger Ebene, heute Park „Im Grünen“ genannt, ein beliebtes Naherholungsgebiet der Stadt Basel und ihrer Umgebung.

Obwohl die gesamte Anlage künstlich erstellt wurde (vgl. Kap. 2.2), schätzen die Besucher v.a. die Nähe zur Natur, die sie im Park finden. Dies ist der Ausgangspunkt für die Befragungen, die im Park „Im Grünen“ lanciert wurden. Die Naturwahrnehmung der Erholungssuchenden unterscheidet sich offensichtlich von einer Natur, die im ökologischen Sinne „natürlich“ – also vom Menschen unberührt – ist. Inwieweit die Künstlichkeit der Anlage wahrgenommen wird und wo allenfalls noch eine optimalere Gestaltung erwünscht wäre, wurde anhand der Befragungen geklärt.

### 5.1.3 Bergsee in Bad Säckingen

Der Bergsee in Bad Säckingen ist neben den beiden genannten Naherholungsgebieten Gegenstand langjähriger Forschungsarbeiten der Universität Basel. Das Ufer des Sees ist rundum mit einer gemauerten Begrenzung eingefasst. Auf die Initiative der wissenschaftlichen Arbeiten hin war es möglich, im Jahre 2003 ein grösseres Uferstück des Sees zu revitalisieren. Auf einer Länge von etwa 300 m wurde die Ufermauer entfernt und ein flach abfallendes Ufer mit einer Wiese und Schilf angelegt. Zusätzlich wurden grosse Steinquader platziert. Durch die Veränderungen ist ein direkter Zugang zum Wasser möglich.

Zeitgleich mit den Bauarbeiten am Ufer wurden die Besucher des Bergsees im Rahmen einer Lizenziatsarbeit (Minder 2003) befragt. Dementsprechend bot es sich an, diese Untersuchungen innerhalb der Akzeptanzforschung des Projekts weiterzuführen und anhand einer zweiten Befragung zu untersuchen, wie die Revitalisierung zwei Jahre nach der Fertigstellung von den Besuchern akzeptiert und wahrgenommen wird. Ausserdem zeigt die Befragung, ob bei den Besuchern Bedarf nach weiteren Veränderungen besteht.

## 5.2 Die sozialgeographischen Untersuchungen im Überblick

Von April 2003 bis Dezember 2005 wurden im Rahmen des MGU-Projekts F1.03 die nachfolgend aufgeführten sozialgeographischen Forschungsarbeiten durchgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte dabei jeweils mit Hilfe der Programme SPSS und Excel.

### 5.2.1 Schriftliche Befragungen der Anwohnenden beidseits der Birs

Es wurde ein Fragebogen mit 27 Fragen erstellt, dessen Auswertung ein Bild davon geben soll, wie die betroffene Bevölkerung die Revitalisierung mitten im Wohngebiet und die damit verbundenen Veränderungen am Birsufer wahrnimmt und welche Ideen und Wünsche bei einem derartigen Bauvorhaben bei den Anwohnern entstehen. Der Fragebogen enthielt Fragen zur Nutzung des Birsufers (Freizeitnutzung), zum Empfinden des früheren Zustandes (Abb. 5.1) sowie zur Meinung zum veränderten Zustand (Abb. 5.2). Ausserdem wurde erfasst, wie die im Befragungszeitraum aktuellen Bauarbeiten wahrgenommen wurden. Zusätzlich gab es die Möglichkeit, eigene Ideen zur Ufergestaltung einzubringen.

Insgesamt wurden 2'400 Fragebögen am Unterlauf der Birs verteilt, von denen auf der Birsfelder und auf der Baselstädtischen Seite jeweils 1'200 Exemplare direkt in die Hausbriefkästen eingeworfen wurden. Die Verteilung der Fragebögen (jeweils mit einem Begleitbrief und einem frankierten Rückumschlag ausgestattet) fand am 15. Mai 2003 statt. Vor allem die Wohnquartiere möglichst nahe der Birs (beidseits) waren einbezogen. Die Befragung hatte einen Rücklauf von 31 % (752 Fragebögen).



Abb. 5.1 & 5.2 Das Birsufer vor und nach der Revitalisierung. Das linke Bild zeigt das auf beiden Seiten verbaute Ufer (25.7.2003), rechts ist das revitalisierte Ufer zu sehen (4.8.2004). Stein- und Kiesufer ermöglichen Besuchern den Zugang zum Wasser, erste Weidengebüsche säumen das Ufer. (Photos: H. Freiberger)

Nach Beendigung der Bauarbeiten an der Birs wurde im September 2004 eine zweite Anwohnerbefragung gestartet, die direkt an die erste Befragung anknüpfte. Sie hatte das Ziel, die abschliessende Beurteilung der Revitalisierung durch die Anwohnenden zu erfassen, nachdem die belastenden Bauarbeiten abgeschlossen waren und nachdem das Ergebnis der Revitalisierung in Ansätzen erkennbar war. Der Fragebogen wurde an die erwähnten aktuellen Bedingungen angepasst, die Fragen mussten dementsprechend teilweise verändert werden.

Allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich das Ufer zwar schon deutlich verändert hat, die angepflanzte bzw. spontane Vegetation jedoch einige Jahre Zeit beansprucht, um sich zu entwickeln und auszubreiten (vgl. Abb. 5.2). Zum Befragungszeitpunkt lag also ein noch relativ karger Pflanzenwuchs vor.

Wiederum wurden 2'400 Fragebögen (ebenfalls mit einem Begleitbrief und einem frankierten Rückumschlag versehen) auf beiden Seiten der Birs den Anwohnenden in die Briefkästen gegeben. Bei dieser zweiten Befragung betrug der Rücklauf mit einer Anzahl von 591 beantworteten Fragebögen 25 % und war damit etwas geringer als im ersten Durchlauf. In der folgenden Analyse kann gezeigt werden, dass sich die Meinung der Anwohnenden in beiden Befragungen nur unbedeutend unterscheidet und dass die Veränderungen rückblickend positiver bewertet werden als zum Zeitpunkt der Bauarbeiten.

### 5.2.2 Mündliche Befragungen der Besucher der Brüglinger Ebene

Es wurde ein Fragebogen mit 26 Fragen erstellt, dessen Auswertung die Nutzung der Brüglinger Ebene sowie die Zufriedenheit der Besucher mit deren Gestaltung erfasste. Die Befragung in der Brüglinger Ebene schloss thematisch an die Befragung der Birsanwohner an, weil es um einen Gesamtüberblick über die Nutzung der urbanen, naturnah gestalteten Naherholungsgebiete geht, inklusive der Wünsche und Anregungen der Hauptbetroffenen – den Nutzenden.

Es wurden insgesamt 523 Leute befragt, verteilt über einen Zeitraum von sieben Tagen, vom 21. bis 27. Februar 2004. Um die Nutzer, die das Gebiet wochentags besuchen und gleichermassen die Wochenendbesucher zu erreichen, wurde an jedem Wochentag befragt. Dies geschah täglich von 9 bis 12 Uhr und von 13 bis 17 Uhr an sechs verschiedenen Orten in der Brüglinger Ebene.

Für die zweite Befragung in der Brüglinger Ebene wurde der Fragebogen geringfügig gekürzt und enthielt dann 24 Fragen zur Nutzung und Zufriedenheit mit der Gestaltung der Brüglinger Ebene. Die Besucher wurden zur Natürlichkeit des Gebietes sowie der beiden Seen befragt. Insgesamt wurden 729 Personen im Zeitraum vom 30. August bis 5. September 2004 zwischen 10 bis 13 Uhr und von 14 bis 18 Uhr und in der Folgewoche (6. bis 10. September 2004) in den Abendstunden von 18 bis 20 Uhr befragt. Die Befragungsstandorte wurden gegenüber der ersten Befragung von sechs auf

vier reduziert. Diese Entscheidung wurde getroffen, um auf diese Weise eine intensiviertere Befragung an den stark frequentierten Standorten zu ermöglichen und die weniger besuchten Orte damit eher zu vernachlässigen.

### 5.2.3 Befragung der Besucher des Bergsees

Die Befragung im Jahr 2005 am Bergsee in Bad Säckingen stellt eine Folgeuntersuchung der ersten Befragung aus dem Jahre 2003 dar. Nachdem Minder (2003) in ihrer Lizentiatsarbeit zeigen konnte, dass die Besucher des Bergsees eine natürlichere Veränderung des Ufers gegenüber einer freizeitorientierten Gestaltung bevorzugen, erschien es wichtig, durch eine erneute Befragung zu erfahren, wie zufrieden die Besucher mit den Umgestaltungen sind. Ausserdem sollte erfasst werden, wie aufgeschlossen die Bevölkerung weiteren Veränderungen gegenübersteht.

Die Befragung erfolgte in der Woche vom 17. bis 23. Oktober 2005 an vier Tagen in der Zeit von 10 bis 13 Uhr und von 14 bis 17 Uhr. Insgesamt wurden 279 Personen befragt. Die Befragungsstandorte wurden um den See so verteilt, dass alle Zugänge zum Gebiet abgedeckt waren.

## 5.3 Ergebnisse und Diskussion zum sozialgeographischen Teil des Projektes

### 5.3.1 Revitalisierter Unterlauf der Birs

#### 5.3.1.1 Ergebnisse und Häufigkeitsauswertungen der Befragungen

Bei der vergleichenden Auswertung der Befragungen wird das Augenmerk auf die Veränderungen der Meinungen gelegt, um die Akzeptanz für die Revitalisierung inmitten des Wohngebietes im zeitlichen Verlauf aufzuzeigen.

In beiden Durchgängen stammten je etwa die Hälfte der Antworten aus Birsfelden und aus dem Basler Breite-Quartier. Ebenso verteilte sich die Alterstruktur der Befragten in beiden Durchgängen gemäss den Erwartungen: Die Altersgruppe 21 bis 40 Jahre war mit einem Anteil von 34 % vertreten, 28 % machten die 41 bis 60-jährigen aus und 37 % der Befragten waren über 60 Jahre. Nur 1 % der Befragten war bis 20 Jahre alt. Ausgewertet werden im Folgenden beide Seiten gemeinsam.

#### 5.3.1.2 Nutzung des Birsufers

Mehr als die Hälfte der Befragten besuchte das Birsufer mehrmals pro Woche (vgl. Minder 2003). Gründe für den Besuch an der Birs waren – sowohl vor als auch nach der Revitalisierung – v.a. das „Spazieren gehen“, die „Natur geniessen“ und die „Erholung“. Ein Besuch der Brüglinger Ebene (ehemals Grün 80) war auch ein häufiger Grund, am Birsufer entlang zu gehen. Dieser Umstand weist darauf hin, dass das Birsufer (wie auch die Brüglinger Ebene) in seiner Funktion als Naherholungsgebiet wahrgenommen und intensiv genutzt wird. Die Ufer eignen sich laut der Umfrage durch ihre Nähe zur Siedlung als ein schnell erreichbares, Erholung bietendes Naturerlebnis.

Die Befragten gaben an, dass die Nähe zum Wasser die Lebensqualität erhöhe. Offensichtlich hat die unmittelbare Nähe eines Gewässers konkrete Auswirkungen auf das Wohlbefinden, wobei durch die Befragten v.a. auf die beruhigende Wirkung des Wassers hingewiesen wurde.

#### 5.3.1.3 Meinung zum bisherigen Birsufer

Um die Einstellung zu den Veränderungen einschätzen zu können, wurde vorab nach der Meinung zur bisherigen Ufergestaltung gefragt. Dazu sprach die erste Frage die positiven Aspekte des ursprünglichen Ufers an (Abb. 5.3). Im Jahr 2003 war mit 30 % die Antwort „Nähe zum Wasser“ besonders stark vertreten. Ausserdem wurden „Nähe zur Natur“ (13 %), „Ruhe“ (13 %) und „Spa-

zierwege“ (15 %) ebenfalls als positive Punkte am bisherigen Ufer genannt. An diesen Gründen änderte eine Revitalisierung des Ufers wenig. Bei der Möglichkeit, eigene Vorschläge zu diesem Punkt aufzuschreiben, war eine Betonung der Natur, der Begrünung, des Grases und der Wiese festzustellen.

Bei der wiederholten Frage (2004) nach dem Gefallen am Ufer wurde die Frage aufgefächert und damit die Beurteilung der Intensität des Gefallens möglich (Abb. 5.4). Es zeigte sich, dass die Befragten nach der Revitalisierung v.a. die optische Gestaltung (489 Nennungen) und den Wasserlauf (448 Nennungen), sowie den Zugang zum Wasser (414 Nennungen) als „sehr gut“ heraushoben. Nach dem Wasserlauf konnte in der Phase der Begründung noch nicht gefragt werden; die optische Gestaltung gefiel im Jahr 2003 von 752 Befragten nur 53 Personen.

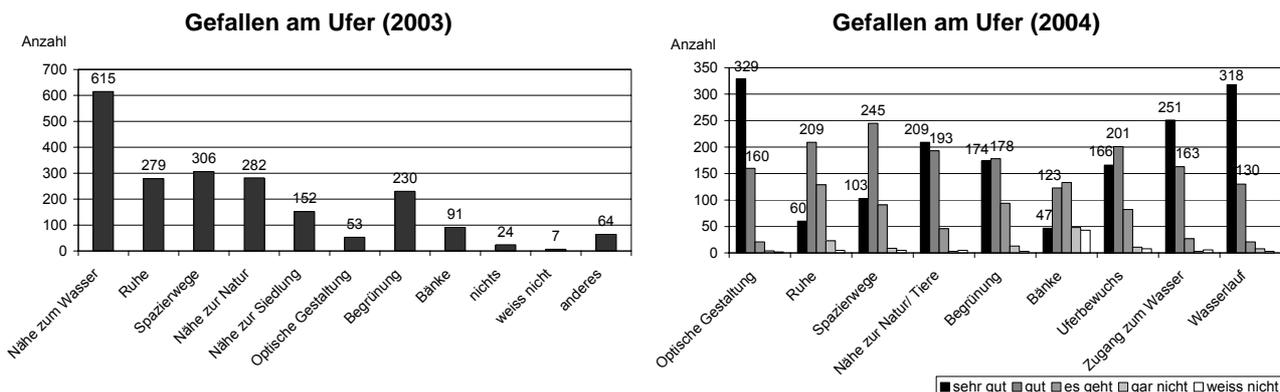


Abb. 5.3 & 5.4 Was gefällt am Ufer? In diesen Abbildungen wird deutlich, inwieweit die optische Gestaltung und der Wasserlauf an Bedeutung gewonnen haben. Vor den Umbauten war v.a. die Nähe zum Wasser wichtig, nach den Bauarbeiten wird die Ufergestaltung in mehrfacher Hinsicht positiver eingestuft. (2003, n=752) (2004, n=591)

In der zweiten Befragung (2004) wurde sowohl rückblickend als auch aktuell nach der Beurteilung der optischen Gestaltung des Ufers gefragt (Abb. 5.5 & 5.6). Diese wurde nach der Revitalisierung deutlich positiver wahrgenommen als vorher. Während 321 Befragten das verbaute Ufer „es geht“ bis „gar nicht“ gefiel, beurteilen 489 Befragte das revitalisierte Ufer als „sehr gut“ bis „gut“.

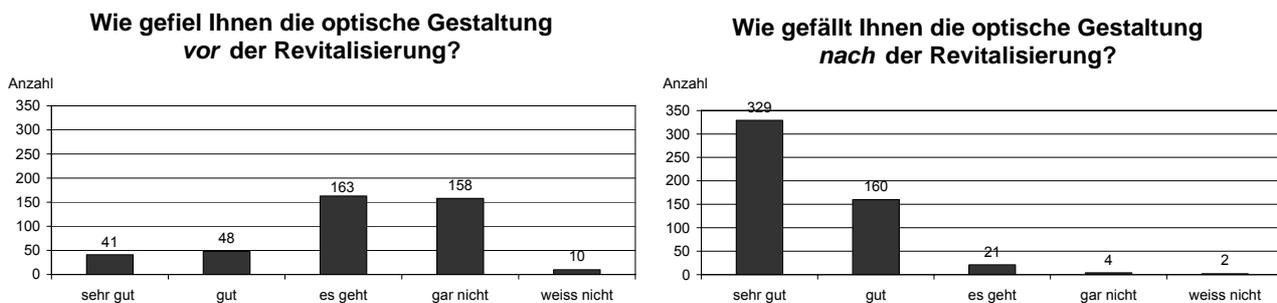


Abb. 5.5 & 5.6 Wie gefiel/gefällt Ihnen die optische Gestaltung vor/nach der Revitalisierung? In der zweiten Befragung (2004) wurde sowohl rückblickend als auch aktuell nach der Beurteilung der optischen Gestaltung des Ufers gefragt. (2004, n=591)

### 5.3.1.4 Information und Interesse an den Bauarbeiten

Ein Grossteil der Befragten (41 % in der ersten Befragung) fühlte sich genügend informiert (Abb. 5.7). Rückblickend wurde die Information umfassender empfunden als während der Bauarbeiten. Im zweiten Durchlauf antworteten 53 % der Befragten, sie seien jederzeit gut informiert gewesen (Abb. 5.8).

**Wie informiert waren Sie über die Bauarbeiten (2003)?**



**Wie informiert waren Sie über die Bauarbeiten (2004)?**

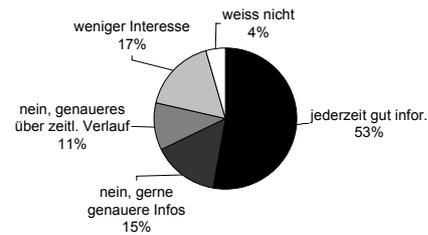
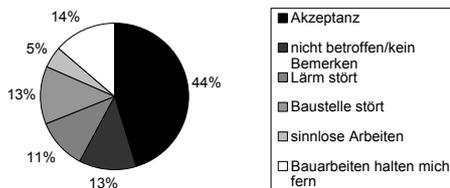


Abb. 5.7 & 5.8 Wie informiert waren Sie über die Bauarbeiten? Bei der Beantwortung dieser Frage war interessant, dass der Informationsgrad über die Bauarbeiten im Nachhinein positiver beschrieben wurde, als es während der laufenden Bauphase der Fall war. (2003, n=752) (2004, n=591)

Eine ähnliche Tendenz war bei der Frage nach der Akzeptanz der Bauarbeiten zu erkennen. Grundsätzlich konnte in beiden Befragungsdurchgängen von einer recht grossen Akzeptanz der Bauarbeiten gesprochen werden. Aber auch hier zeigte sich, dass rückblickend eine positivere Bilanz gezogen wurde. Im Jahr 2003 gaben 45 % (Abb. 5.9) – also fast die Hälfte – an, die Bauarbeiten zu akzeptieren. Die Zahl stieg bei der zweiten Befragung auf 53 % (Abb. 5.10).

**Wie empfinden Sie die Bauarbeiten (2003)?**



**Wie empfinden Sie die Bauarbeiten (2004)?**

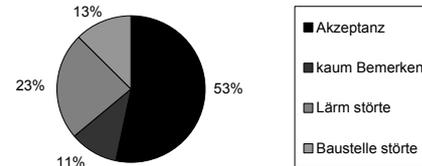


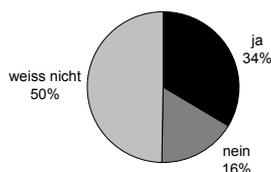
Abb. 5.9 & 5.10 Wie empfinden/empfinden Sie die Bauarbeiten an der Birs? Rückblickend wurden die Bauarbeiten eher akzeptiert als während der Umbauten. Das lässt darauf schliessen, dass in Anbetracht der erfolgreichen Umgestaltung die schwierige Zeit des Baulärms und Bauschmutzes an Bedeutung verlor. (2003, n=752) (2004, n=591)

### 5.3.1.5 Einschätzung der Revitalisierung

Auf die Frage, ob auch andere Flüsse revitalisiert werden sollten, antwortete in der ersten Befragung die Hälfte der Befragten mit „weiss nicht“, 34 % befürworteten die Revitalisierung anderer Flüsse und 16 % lehnten sie ab (Abb. 5.11).

Nachdem sich während der Bauphase die Hälfte der Befragten nicht für eine Revitalisierung weiterer Flüsse entscheiden konnte, befürwortete die Hälfte der Befragten nach Ende der Bauarbeiten die Revitalisierung anderer Flüsse (Abb. 5.12). Das „Ja“ zu einer Revitalisierung war also deutlich stärker geworden. Eindeutig „nein“ sagten nur noch 9 % der Befragten, im Gegensatz zu 16 % im ersten Durchgang. Es kann davon ausgegangen werden, dass das positive Erscheinungsbild der neu gestalteten Ufer die Aufgeschlossenheit für weitere Revitalisierungen förderte. Den signifikanten Zusammenhang zwischen der positiven Beurteilung der Birs-Revitalisierung und der Befürwortung einer Revitalisierung weiterer Flüsse zeigt auch der Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson und nach Likelihood mit jeweils  $p < 0.0001$  (in der Befragung 2004).

### Sollten auch andere Flüsse revitalisiert werden (2003)?



### Sollten auch andere Flüsse revitalisiert werden (2004)?

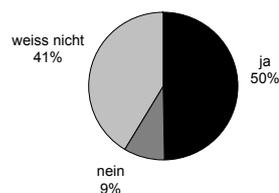
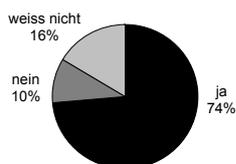


Abb. 5.11 & 5.12 Sollten auch andere Flüsse revitalisiert werden? Während der Bauphase sprachen sich nur 34 % der Befragten für die Revitalisierung weiterer Flüsse aus, der Anteil ist nach Ende der Bauarbeiten auf 50 % gestiegen. (2003, n=752) (2004, n=591)

Bei der Befragung im Jahr 2003 meinten insgesamt 74 % der Befragten, dass das Ufer durch die Umgestaltung schöner werde (Abb. 5.13). Die Zahl derer, die das Ufer als „schöner“ empfanden, ist im Jahr 2004 auf 85 % gestiegen (Abb. 5.14); 11 % bewerteten das Ufer zwar als „schöner“, sahen aber neue Probleme. Die Probleme konnten in einer gesonderten Kategorie genannt werden. Es waren v.a. gesteigener Lärm und zunehmender Betrieb am Ufer auch in den Abendstunden, sowie die Tatsache, dass Hunde durch die neue Ufergestaltung die Wasservögel verjagen könnten.

### Wird das Ufer durch die Umgestaltung schöner (2003)?



### Wie empfinden Sie die Veränderungen am Ufer (2004)?

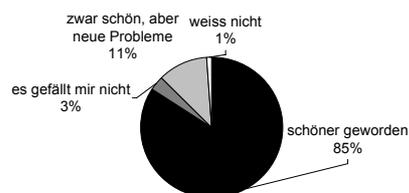
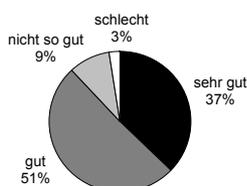


Abb. 5.13 & 5.14 Welche Meinung haben Sie zu den Veränderungen? Schon 2003 waren 74 % der Befragten überzeugt, dass das Ufer schöner werden würde. Das war dann auch die Meinung von 85 % der Befragten im Jahr 2004 nach Fertigstellung der neu gestalteten Ufer. (2003, n=752) (2004, n=591)

Während die Bauarbeiten noch liefen, beurteilten 37 % der Befragten die Revitalisierung als „sehr gut“, 51 % bezeichneten sie als „gut“. Damit standen 88 % der Befragten der Revitalisierung aufgeschlossen und positiv gegenüber (Abb. 5.15). Abschliessend bewerteten 55 % der Befragten die Veränderungen als „sehr gut“, 40 % beurteilten diese als „gut“ (vgl. Gloor & Meier 2001). Damit erklärte sich am Ende der Bauarbeiten eine überzeugende Mehrheit, bestehend aus 95% der Befragten, mit der Revitalisierung einverstanden (Abb. 5.16). Auch eine künftige Revitalisierung wurde befürwortet.

### Wie beurteilen Sie die Revitalisierung (2003)?



### Wie beurteilen Sie abschliessend die Revitalisierung (2004)?

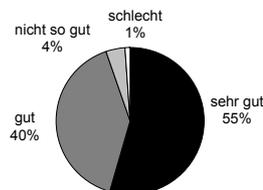


Abb. 5.15 & 5.16 Wie beurteilen Sie die Revitalisierung? Am Ende der Bauarbeiten erklärte sich eine überzeugende Mehrheit, bestehend aus 95 % der Befragten, mit der Revitalisierung einverstanden und befürwortete diese. (2003, n=752) (2004, n=591)

Sehr überzeugend war die Meinung von 84 % der Befragten (Abb. 5.17), die mit heutigem Wissen (und Kenntnis der immensen Beeinträchtigungen durch die Bauarbeiten) einer Revitalisierung wieder zustimmen würden.

**Würden Sie einer Revitalisierung noch einmal zustimmen (2004)?**

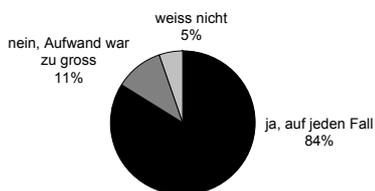


Abb. 5.17 Würden Sie bei heutigem Wissen einer Revitalisierung noch einmal zustimmen? Für eine deutliche Mehrheit von 84 % käme eine Revitalisierung wieder in Frage. (2004, n=591)

### 5.3.1.6 Diskussion der Ergebnisse zur Birs-Revitalisierung

Die Revitalisierung der Birs hat Vorläufer. Ein in räumlicher wie auch zeitlicher Hinsicht nahe liegendes Beispiel ist die revitalisierte Wiese. Die 300 m, die an diesem Fluss als Pilotprojekt vor sieben Jahren revitalisiert wurden, waren bei den Erholungssuchenden sofort beliebt, so dass aufgrund des grossen Nutzungsdruckes ein Jahr später weitere 300 m revitalisiert werden mussten. Sie sind heute bei Mensch und Tier gleichermassen beliebt. Es muss daher von einer Übernutzung gesprochen werden, wenn sich an schönen Tagen sehr viele Menschen dort einfinden und das naturnahe Ufer und den Fluss als Naherholungsgebiet nutzen. Offenbar ähnlichen Erfolg bringt die Revitalisierung der Birs. Insgesamt sagen die Ergebnisse der Umfragen aus, dass die Akzeptanz einer solchen Massnahme auch mitten in der Stadt ausgesprochen hoch ist. Die Baumassnahmen wurden weitgehend akzeptiert, im Rückblick ist sogar eine deutlich bessere Beurteilung der Bauarbeiten zu bemerken. 84 % der Befragten würde mit dem heutigem Wissen einer Revitalisierung wieder zustimmen. Die Umgestaltung beider Uferbereiche mit Hilfe der aufwändigen Bauarbeiten stösst bei den Anwohnern auf grosse Akzeptanz, das Ergebnis überzeugt die Befragten.

## 5.3.2 Beliebtheit des Park „Im Grünen“ (Brüglinger Ebene)

### 5.3.2.1 Ergebnisse und Häufigkeitsauswertungen der beiden Befragungen

Die Analyse der Besucherbefragungen der Brüglinger Ebene behandelt in erster Linie die Ergebnisse der zweiten Befragung (zur ersten Befragung vgl. Herrmann 2004). In den beiden Durchläufen kann keine Entwicklung erkannt werden, es handelt sich vielmehr um Momentaufnahmen (Winter 2004, Sommer 2004). Dabei wird die Tendenz der Besucher in Bezug auf Naturwahrnehmung und die Nutzung von Naherholungsgebieten deutlich, die sich in beiden Befragungen bestätigt.

Im September 2004 konnten 726 Personen befragt werden, wovon 42 % Männer und 58 % Frauen waren. Den grössten Anteil der Befragten (38 %) machten die Menschen über 65 Jahre aus, 31 % waren in der Altersgruppe 41 bis 65 Jahre. Im Sommer waren (wie auch schon in der vorhergehenden Winterbefragung) die meistgenannten Besuchsgründe das Spazieren gehen (386 Nennungen), der Naturgenuss (201 Nennungen) und die Erholung (187 Nennungen).

### 5.3.2.2 Gefallen/Missfallen

Den Besuchern gefielen im Park v.a. die Natur und die Frischluft (550 Nennungen), die Seen und Gewässer mit 457 Nennungen und die Gärten und Grünanlagen (434 Nennungen).

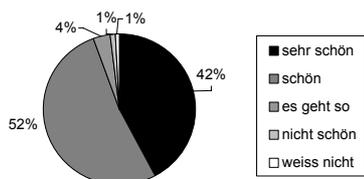
Die Störfaktoren im Park waren eher gering. Fast die Hälfte der Befragten (333 Nennungen) sagte, dass sie „nichts“ im Park störe. Wenn überhaupt, dann wurden v.a. der Velo- und Mofaverkehr als

störend empfunden (91 Nennungen). Bei der Frage nach möglichen Verbesserungen wurde in der ersten Befragung v.a. eine weitere Revitalisierung der Birs genannt.

### 5.3.2.3 Einschätzung Seen

Die Seen im Park „Im Grünen“ fand eine überzeugende Mehrheit der Befragten (94 %) „schön“ bis „sehr schön“ (Abb. 5.18). Fast die Hälfte der Besucher konnte sich zwischen den Seen nicht entscheiden, eine geringe Mehrheit (30 % gegenüber 26 %) bevorzugte aber den natürlicher gestalteten Quellsee (Abb. 5.19).

Wie gefallen Ihnen die Seen im Park?



Welcher See gefällt besser?

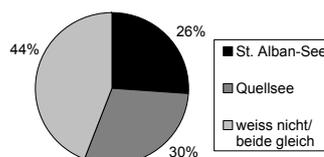
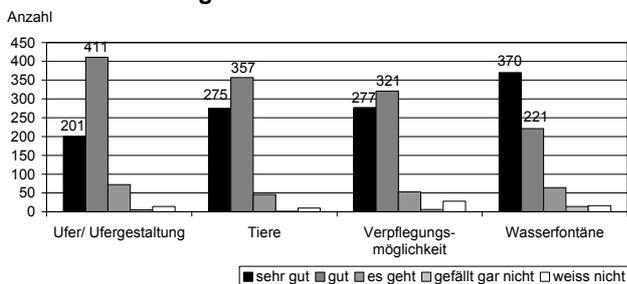


Abb. 5.18 & 5.19 Wie gefallen Ihnen die Seen im Park? Welcher See gefällt besser? Fast allen Besuchern gefielen die Seen im Park „gut“ bis „sehr gut“, eine kleine Mehrheit (30 %) bevorzugte den „natürlicher“ gestalteten Quellsee gegenüber dem St. Alban-See (26 %). (September 2004, n=729)

Aus den oben skizzierten Fragen wurde noch nicht deutlich, warum der Quellsee geringfügig beliebter war als der St. Alban-See. In einer erweiterten Frage mit Antwortkategorien sollte erfasst werden, welche Bereiche an den Seen für eine positive Beurteilung ausschlaggebend waren. Es zeigte sich, dass der St. Alban-See durch die Attraktion der Wasserfontäne bestach (Abb. 5.20), der Quellsee hingegen aufgrund seiner Ufergestaltung und Natürlichkeit beliebter war (Abb. 5.21).

Was gefällt am St. Alban-See?



Was gefällt am Quellsee?

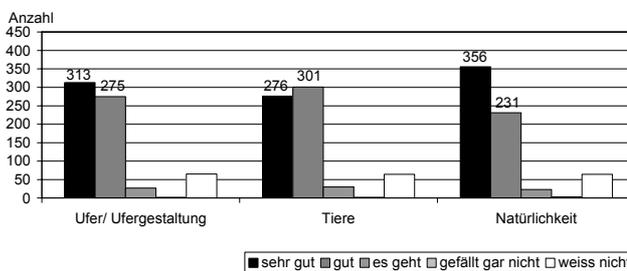


Abb. 5.20 & 5.21 Was gefällt am See? Die Graphik verdeutlicht, dass am St. Alban-See eher die Wasserfontäne „sehr gut“ gefiel, der Quellsee dagegen durch seine natürliche Ufergestaltung beeindruckte. (September 2004, n=729)

### 5.3.2.4 Naturwahrnehmung

Unter Natur verstanden die Besucher im ersten Befragungsdurchgang v.a. „viel Grün“, „Tiere“ und „Gewässer“. Nach dieser Definition bestätigten 456 der Befragten, dass sie die Natur im Park „Im Grünen“ so vorfänden, wie sie es sich vorstellten. 235 sagten, dass sie die Natur hier teilweise so vorfinden, wie sie es sich wünschen. Einer grossen Mehrheit (610 Befragten) der Befragten war die Nähe zu Natur „unentbehrlich“ bis „sehr wichtig“. In beiden Befragungsdurchgängen wurde die Nähe zur Natur von fast 85 % der Befragten als „unentbehrlich“ bis „sehr wichtig“ eingestuft.

### 5.3.2.5 Bedeutung des Gebietes

Das Naherholungsgebiet wurde von den Besuchern sehr bewusst als solches wahrgenommen. Die Angaben der ersten Befragung, in der für 87 % der Besucher der Park „Im Grünen“ für Basel und

die Region „unentbehrlich“ bis „sehr wichtig“ war, bestätigen sich im zweiten Durchgang mit 91 %. Die grosse Bedeutung des Gebietes zeigten auch die Antworten auf die Frage nach möglichen Alternativen. Beide Befragungsdurchgänge belegten, dass fast ausschliesslich die Langen Erlen als Alternative zum Park „Im Grünen“ angesehen wurden. Jeweils ca. 50 % der Befragten nannten das Gebiet an der Wiese als weiteren Vorschlag.

### 5.3.2.6 Passantenzählung

Zur quantitativen Einordnung der Resultate aus der Befragung wurden im Park „Im Grünen“ mehrere Personenzählungen durchgeführt. Diese zeigten deutlich, dass sich die am intensivsten genutzten Bereiche am westlichen Ufer des St. Alban-Sees befinden sowie auf einem Rundweg vom Restaurant zum Quellsee sowie um den Quellsee herum und wieder zurück (Abb. 5.22). Diese Nutzung ist natürlich stark von Tageszeit, Wochentag, Wetter, etc. abhängig. Insbesondere werden die Besucherströme auch durch besondere Anlässe (Ausstellungen, Konzerte, Feste, etc.) gelenkt (vgl. Stucki 2006).



Abb. 5.22 Passantenzählung im Park „Im Grünen“ vom 29. September 2004. Dargestellt ist die Anzahl Personen (Erwachsene und Kinder), die in der Zeit zwischen 15 und 16 Uhr – der Zeit mit dem grössten Besucheraufkommen an diesem Tag – pro Wegstrecke unterwegs waren. Der Park war an diesem Tag eher mittelmässig frequentiert.

### 5.3.2.7 Diskussion der Ergebnisse zur Gestaltung der Brüglinger Ebene

Der Park „Im Grünen“ wird jährlich von etwa 1 Mio. Besuchern genutzt, ist also einem enorm starken Nutzungsdruck ausgesetzt. Er besitzt als Erholungsgebiet einen sehr hohen Stellenwert und entspricht den gängigen Erwartungen an ein Naherholungsgebiet. Generell wird die Brüglinger Ebene als Naherholungsgebiet von der Mehrheit der Befragten als „sehr wichtig“ eingestuft, obwohl auch andere Gebiete (z.B. Lange Erlen) genannt werden, die ebenfalls besucht werden (vgl. Herrmann 2004).

Die Besucher schätzten v.a. die Möglichkeit, die „Natur“ und die „Ruhe“ zu geniessen, sich zu bewegen und die Tiere zu beobachten. Die Besucher kamen v.a. um spazieren zu gehen oder sich zu erholen. 80-90 % der Besucher schätzten ganz besonders die Natur, die Gewässer, die Ruhe, die Gärten und die Tiere in der Brüglinger Ebene. Beide Seen (Quellsee und St. Alban-See) wurden als

„schön“ bis „sehr schön“ beschrieben. Der Quellsee gefiel allerdings in beiden Befragungsdurchgängen geringfügig besser als der St. Alban-See. 80 % der Befragten empfanden die Nähe zur Natur als „sehr wichtig“ bis „unentbehrlich“. In diesen Antworten wurde – wie auch schon bei der Birsbefragung – die Wertschätzung der Natur sehr deutlich (Doberer 2004).

Änderungswünsche bezüglich der Gestaltung der Brüglinger Ebene waren kaum vorhanden. Es war jedoch bemerkenswert, dass als häufigster Änderungswunsch (60 % der Befragten) eine weitere Revitalisierung der Birs genannt wurde (Im Bereich der Brüglinger Ebene fließt die Birs immer noch in einem Korsett aus Blockwurf.). Hier knüpfte sich die Befragung der Brüglingen-Besucher an die Befragung der Birsanwohner, wobei ein besonderes Augenmerk der Bedeutung einer naturnahen Gestaltung der Wohn- und Freizeitumwelt gelten sollte.

### 5.3.3 Erholungsfunktion des Säckinger Bergsees

#### 5.3.3.1 Ergebnisse und Häufigkeitsauswertungen der Befragung

In den vier Befragungstagen konnten 279 Personen angesprochen werden, von denen 55 % Frauen und 45 % Männer waren. Ein überraschend grosser Anteil der Befragten (25 %) besuchte den Bergsee mehrmals wöchentlich. Die Altersstruktur der Befragten war erwartungsgemäss: 44 % der Besucher sind über 60 Jahre, 37 % zwischen 41 und 60 Jahren. Nur 15 % Anteil haben die Leute zwischen 21 und 40 Jahren und den kleinsten Anteil haben die Kinder und Jugendlichen mit 4 %.

#### 5.3.3.2 Gefallen und Missfallen

Die Antworten auf die Frage „Was gefällt Ihnen besonders am Bergsee?“ zeigten, dass den Menschen v.a. die Natur und die Ruhe am Bergsee zusagen (vgl. Minder 2003). Der See wurde als „natürlich“ empfunden, wobei auch häufig betont wurde, dass das „natürliche“ Ufer so belassen werden solle (Abb. 5.23). Dabei fiel auf, dass die Besucher das eingefasste Ufer mit der befestigten Mauer als ein natürliches Ufer wahrnahmen (Abb. 5.24), das revitalisierte Uferstück wurde dagegen als „vom Menschen verändert“ wahrgenommen (Abb. 5.25). Diese Wahrnehmungsdifferenzen zwischen Planern/Experten und der Bevölkerung können Akzeptanzprobleme mit sich bringen, weil unterschiedliche Interessen bestehen (vgl. auch Luz 1994, 200ff). Dementsprechend wurden weitere Veränderungen von einem Grossteil der Besucher eher kritisch bewertet. Häufig wurde die Antwort gegeben, es soll alles so belassen werden, wie es zum Zeitpunkt der Befragung war. 64 % der Befragten sprachen sich gegen eine Erweiterung des revitalisierten Uferstücks aus, 35 % befürworteten weitere Veränderungen.

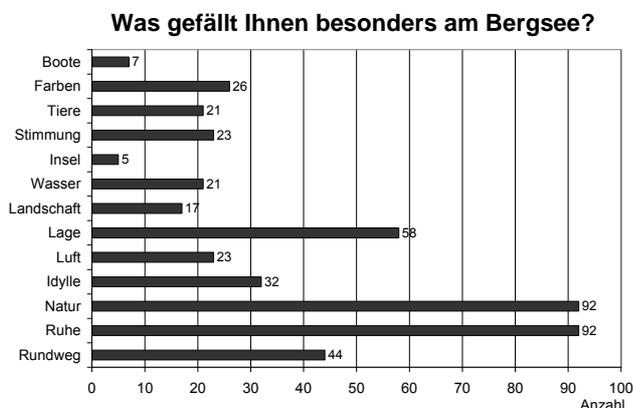


Abb. 5.23 Was gefällt Ihnen besonders am Bergsee? Ganz deutlich dominierten die Ruhe und das Naturerlebnis bei den Bergseebesuchern. Daneben wurden auch immer wieder die Lage und der schöne Rundweg als Vorzüge des Sees genannt. (Oktober 2005, n=279)



Abb. 5.24 & 5.25 Im linken Bild ist die Ufermauer zu sehen, wie sie auch heute noch teilweise besteht. Das rechte Bild zeigt den revitalisierten Uferbereich, bei dem das Wasser durch ein strandartiges, flach abfallendes Ufer zugänglich ist (September 2004). (Photos: H. Freiburger)

Ebenfalls als sehr wichtig eingestuft wurden die schöne Lage des Sees sowie der Rundweg, der einerseits einen vorgegebenen Spaziergang ermöglichte, andererseits aber auch aufgrund seiner ebenen Oberfläche gefiel.

### 5.3.3.3 Das revitalisierte Uferstück

Obwohl 91 % der Befragten das neu gestaltete Uferstück als „schön“ bewerteten (Abb. 5.26), herrschte die Meinung vor, dass keine weiteren Veränderungen angestrebt werden sollen. Mit zunehmendem Alter verstärkte sich die positive Wahrnehmung des revitalisierten Uferstücks.

#### Welche Meinung haben Sie zur Uferveränderung?

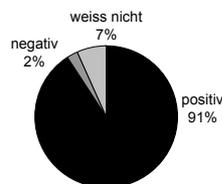


Abb. 5.26 Welche Meinung haben Sie zur Uferveränderung? Fast allen Befragten gefiel der neu gestaltete Uferbereich. (Oktober 2005, n=279)

Die Anregung, im See ein Schilfgebiet anzulegen, wurde grundsätzlich positiv aufgenommen. Allerdings wurde dabei häufig betont, dass der Rundweg in der aktuellen Form erhalten bleiben sollte. Ein Schilfgebiet, das einen Teil des Sees unzugänglich machen würde und damit als Rückzugsgebiet für Wasservögel dienen könnte, wurde abgelehnt (Abb. 5.27). Es wurde auch deutlich, dass die Offenheit gegenüber einem derartigen Schilfgebiet mit zunehmendem Alter der befragten Personen deutlich abnahm.

#### Können Sie sich ein grösseres Schilfgebiet im See vorstellen?

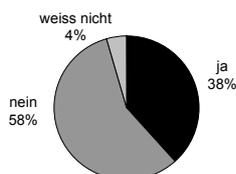


Abb. 5.27 Könnten Sie sich ein grösseres Schilfgebiet im See vorstellen? Der immer wieder genannte Grund für eine Ablehnung eines grösseren Schilfgebietes war die Sorge der Besucher, der Rundweg könne beeinträchtigt werden. Wenn allerdings die Bedingung erfüllt würde, den Rundweg in seiner aktuellen Form bestehen zu lassen, dann erklärten sich 38 % der Besucher mit einem Schilfgebiet einverstanden. (Oktober 2005, n=279)

### 5.3.3.4 Wasserqualität

Nicht alle Besucher achteten auf die Wasserqualität des Bergsees (Abb. 5.28). 43 % der Befragten fielen Veränderungen am Wasser auf, wobei v.a. die grüne Farbe im Sommer (ausgelöst durch eine Algenblüte) erwähnt wurde. Allerdings gaben 34 % der Befragten an, nichts bemerkt zu haben. Es wurde untersucht, ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem Grad des Schulabschlusses und einer Beobachtung der veränderten Wasserqualität. Das Bemerkten der Problematik hing (nach dem Spearman'schen Korrelationskoeffizienten) nicht mit dem Bildungsgrad der Befragten ( $r = 0.051$ ) zusammen.

#### Bemerkten Sie Veränderungen in der Wasserqualität?

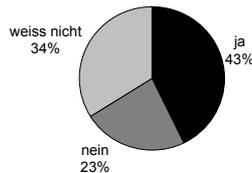


Abb. 5.28 Bemerkten Sie Veränderungen in der Wasserqualität? Das Bemerkten der Algenproblematik hing nicht – wie zu erwarten gewesen wäre – mit einem durch Schulbildung vorbestimmten Wissensstand der Befragten zusammen. (Oktober 2005,  $n=279$ )

### 5.3.3.5 Diskussion der Ergebnisse zur Gestaltung des Bergseeufers

Einer erweiterten Revitalisierung des Bergsees standen die meisten Besucher mit Skepsis gegenüber. Das mit Steinen befestigte Ufer wurde als „natürliches“ Ufer beschrieben, das revitalisierte Stück galt als das vom Menschen veränderte Ufer. Die Ufermauer wird wohl deshalb als „natürlich“ empfunden, weil sie den Bergsee bereits seit 100 Jahren umgibt und aufgrund der langen Zeit zum Bergsee „gehört“ (vgl. Kap. 2.6). Grundsätzlich herrschte die Meinung vor, dass es so bleiben sollte, wie es war. Zwar würde ein grösseres Schilfgebiet im See begrüsst, allerdings dürften die Veränderungen nicht den Uferweg und die Besuchsmöglichkeiten rund um den See einschränken.

Gemäss den bestehenden Gutachten (z.B. Wüthrich & Leser 1999) könnte eine Verbesserung der Gewässerqualität durch folgende Massnahmen erreicht werden:

- Allmähliche Einstellung der Tiefenbelüftungsanlage,
- Erweiterung der Flachwasserzonen,
- Schutz der Flachwasserzonen vor Störfaktoren,
- Anlegen eines erweiterten Schilfgebietes.

Die Umfrageergebnisse zeigen auf, dass diese weitergehenden Revitalisierungsmassnahmen einen typischen Zielkonflikt zwischen Erholungsnutzung und Naturschutz heraufbeschwören könnten. Eine Akzeptanz für die vorgeschlagenen Revitalisierungsmassnahmen könnte nur erreicht werden, wenn die Besucher gezielt und ausführlich über den Sinn und Nutzen der geplanten Veränderungen informiert würden und in kritischen Bereichen bei der Planung mitwirken können (Minder 2003; Wüthrich et al. 2003).

## 5.4 Schlussfolgerungen und Ausblick zur Akzeptanz naturnaher Gewässerlandschaften in der Stadt

Massnahmen des Umweltschutzes, der Landschaftsumgestaltung, des Naturschutzes und diversen Revitalisierungen begegnet die Öffentlichkeit – besonders die Betroffenen (z.B. Anlieger) – oft mit Skepsis. Gerade z.B. bei Revitalisierungsmassnahmen an zuvor begradigten Gewässern ist häufig nicht offensichtlich, welche Bedeutung und Wirkung solche Veränderungen mit sich bringen – im Extremfall (wie an der Birs) befindet sich das Gewässer inmitten eines Wohngebietes und wurde für den Hochwasserschutz Jahre zuvor hart verbaut. Aufgrund dieser Skepsis hat es sich eingebürgert, solche Projekte oft von Begleitern an Betroffene heranzutragen. Leider geschieht dies oftmals zu

spät, weil – vermeintlich oder tatsächlich – keine Zeit und kein Geld zur Verfügung stehen, weit im Vorfeld der Projekte für eine diesbezügliche Kommunikation zu sorgen. In den dargestellten Fällen (Revitalisierung der Birs, Seenlandschaft der Brüglinger Ebene, Bergsee von Bad Säckingen) war dies weitgehend möglich. Bei der Revitalisierung der Birs wurde eine rechtzeitige Information der betroffenen Anwohner in die Wege geleitet: Schon im Vorfeld der Bauarbeiten wurde ein Flyer an die Anwohner verteilt, in dem die genauen Baumassnahmen sowie der zeitliche Verlauf der Veränderungen erklärt wurden. Dieser Flyer wurde nach baulichen Verzögerungen, die durch Hochwasser entstanden waren, in aktualisierter Version erneut verteilt. Zudem konnten sich Besucher des Birsufers auf grossen, extra installierten Informationstafeln über den Zweck und die Ziele der Baumassnahmen aufklären lassen. Ebenso informieren Tafeln am Bergsee in Bad Säckingen über die Geschichte und die Entwicklung des Sees.

Der sozialwissenschaftliche Teil des jetzt abgeschlossenen MGU-Projekts machte das Problem der Information und des Empfindens der Anwohner bzw. Besucher vor resp. nach den Massnahmen zum Forschungsgegenstand. Die Ergebnisse können wie folgt beurteilt werden:

- Die Revitalisierung der Birs spielte sich in einem stark genutzten und dicht besiedelten Raum ab – quasi innerhalb der Stadt. Die Revitalisierung wurde trotz der z.T. massiven Bau- und Umgestaltungsarbeiten mehrheitlich positiv beurteilt. Die Skepsis und die Kommunikationsprobleme, die während der Phase der Bauarbeiten auftraten, haben sich aufgelöst, als das Ergebnis allmählich sichtbar wurde. Rückblickend wird der Umgestaltung der beiden Birsufer eine grosse Akzeptanz entgegengebracht und das neu gestaltete Ufer akzeptiert und als Bereicherung der Wohnumwelt wahrgenommen, selbst wenn die Anwohner der neuen Situation (noch mehr Nutzer, mehr Lärm etc.) auch etwas kritisch gegenüber stehen.
- Der Park „Im Grünen“ in der Brüglinger Ebene entspricht der gängigen Vorstellung eines Naherholungsgebietes, weil er sehr abwechslungsreich, mit vielen räumlichen Nischen ausgestattet und sehr gut mit dem öffentlichen Nahverkehr und Individualverkehr erreichbar ist. Der Park erfüllt die Bedürfnisse der Besucher. Die Parklandschaft trägt die Vorstellung von „echter“ Natur, obwohl es sich um eine überwiegend künstliche Anlage handelt. Durch die lange Zeit der Konsolidierung seit 1980 haben sich immerhin naturnahe Verhältnisse eingestellt (vgl. Stucki 2006). Insofern ist diese „Natur“ doch in irgendeiner Form natürlich, obwohl es sich im Grunde um eine (naturnahe) *Kulturlandschaft* handelt. Die Naturnähe kommt besonders durch die Kombination der Parklandschaft mit den zwei Seen (St. Alban-See und Quellsee) zustande. Sie macht das Gebiet attraktiv und zu einem (im Sommer häufig überlaufenen) Ausflugsziel.
- Die bislang relativ kleinräumigen Veränderungen am Bergsee werden ebenfalls mehrheitlich positiv aufgenommen. Es wird wahrgenommen, dass sich das revitalisierte Uferstück vom restlichen Uferbereich des Sees unterscheidet. Die Veränderungen werden weitgehend akzeptiert. Für weitere Neuerungen sind die Besucher grossteils offen, allerdings wird auch erwartet, dass verschiedene Bedingungen erfüllt werden: So sollte auf die Wünsche der Besucher eingegangen werden, dies ist v.a. die Erhaltung des Rundweges in der heutigen Form. Mit der nötigen Aufklärungsarbeit und einer stetigen Information (die durch die installierten Informationstafeln teilweise auch schon geleistet wird) könnte für eine zunehmend natürliche Entwicklung des Sees durch weitere Umgestaltungsmassnahmen noch einiges erreicht werden. Allerdings ist dies auch vom politischen und ökonomischen Umfeld abhängig. Sowohl bei Politikern (Gemeinde Bad Säckingen), bei der Ortsbevölkerung der Stadt und ihrer Umgebung wie auch bei den Besuchern müsste noch Überzeugungsarbeit geleistet werden. Dies hätte im Hinblick auf das Seeökosystem als integrativen Bestandteil der Landschaft, also des Landschaftsökosystems, zu geschehen.

Über die lokale bzw. regionale Aussage hinaus ist es das Anliegen der Studie, die Befunde der Befragungen auf andere urbane Erholungsräume übertragen zu können. Dazu ist – im Hinblick auf Ansatz und Methodik – Grundsätzliches zu bemerken:

- Zwar ähneln sich Massnahmen und Kommunikationsprobleme solcher Projekte sehr, in den räumlichen, ökologisch-funktionalen und kommunikativen Details bestehen dann jedoch immer fundamentale Unterschiede. Sie lassen sich nicht ohne weiteres auf andere Örtlichkeiten übertragen: Jeder Raum erweist sich – v.a. durch die stark wechselnden Gruppen der einbezogenen Akteure – als ein Sonderfall.
- Gleichheit oder Ähnlichkeit besteht in der Regel bei den naturwissenschaftlichen Grundlagen (z.B. Ökosystemfunktionen und den damit verbundenen Prozessabläufen), weil sie naturgesetzlich funktionieren. Gleichwohl muss in jedem Fall eine aktuelle lokale landschaftsökologische Bestandsaufnahme erfolgen, um über ortsspezifische Daten zu verfügen. Das erfordert Bestandsaufnahmen vor, während und nach den Massnahmen.
- Das methodisch gewichtigere Problem sind die Akteure. Dabei handelt es sich jeweils um neue, völlig andere soziale Gruppen, die über ganz unterschiedliche Voraussetzungen über das Verständnis von lokalen Ökosystemfunktionen verfügen. Das bedeutet: Umfassende Aufklärung und Information im Vorfeld über das Landschaftsökosystem, aber auch über Ablauf, Wirkungsweise und Effekte der Umgestaltung (Stoll 1999). Insofern sind auch beim sozialwissenschaftlichen Teil solcher Projekte jeweils neue Fragen zu stellen und dementsprechende Vorgehensweisen zu definieren (z.B. Fragebögen neu zu entwickeln).

Unter Bezug auf die untersuchten drei Fälle kann abschliessend gesagt werden:

- Die Methodik war sachgerecht, es wären jedoch – v.a. im Vorfeld der Untersuchung – intensivere methodische Vorabklärungen wünschenswert gewesen, aber auch die Information der Betroffenen hätte differenzierter und früher vorgenommen werden können.
- Die Brüglinger Ebene ist ein Beispiel dafür, dass sich
  - einerseits starker und künftig wohl auch zunehmender Nutzungsdruck durch eine erholungssuchende Stadtbevölkerung mit einer biologischen und strukturellen Vielfalt (durch Oberflächengewässer, Pflanzen und Tiere) sowie dem Grundwasserschutz vereinbaren lassen. Auch die Untersuchung zur Auenrevitalisierung in der Wieseebene (Gurtner-Zimmermann & Knall 2004) zeigt, dass beides miteinander vereinbar ist und von Seiten der Bevölkerung Akzeptanz erfährt; und dass
  - andererseits in der Bevölkerung ein grosses Interesse daran besteht, naturnahe Erholungsräume – trotz deutlichem technischem Aufwand durch Bau- und sonstige Umgestaltungsmassnahmen (siehe Birs-Revitalisierung, aber auch Uferumgestaltung an einem Teil des Bergsees) – als viel genutztes und wertgeschätztes Freizeitangebot zu schaffen.

Als allgemeines Fazit kann festgehalten werden, dass naturnah gestaltete Bereiche in der näheren Umgebung des Wohnortes stark genutzt werden, wenn sie gut erreichbar sind. Dabei lässt sich bei der Bevölkerung in der Beurteilung der Landschaft grundsätzlich kein Unterschied feststellen zwischen Gebieten, die vollständig künstlich geschaffen wurden (wie der Park „Im Grünen“) und Standorten, die mehr oder weniger natürlich sind (wie der Bergsee bei Bad Säkingen). Den Besuchern und Befragten ist es „wichtig“ bis „sehr wichtig“, sich in der „Natur“ aufhalten zu können. Die in den Naturwissenschaften, speziell in der Biologie, immer wieder gestellte Frage nach der Natürlichkeit – im Sinne eines anthropogen nicht veränderten Landschaftsökosystems – stellt sich der Bevölkerung weit weniger. Sie geht vom visuellen Eindruck und nicht (bzw. kaum oder nur bedingt) von den Ökosystemfunktionen aus. Allerdings setzen sich auch in den Naturwissenschaften, v.a. bedingt durch die allgemeine Akzeptanz des landschaftsökologischen Ansatzes der Umweltbeurteilung, allmählich einige Grundsätze durch:

- Nicht nur die heimischen Lebensräume, sondern grosse Teile der Welt, sind anthropogen geprägt oder grundsätzlich anthropogen.
- „Naturlandschaften“ im engeren Sinne des Wortes gibt es fast nicht mehr, sondern der Mensch – besonders der im mitteleuropäischen Raum – lebt v.a. in Kulturlandschaften.

Zum Fazit gehört auch die Erkenntnis, dass nach einer Aufklärung und Information der Bevölkerung auch widrige Umstände in Kauf genommen werden, wenn einsichtig ist, dass die Massnahmen

anschliessend der (wie auch immer definierten) „Natur“ und der Erholungsfunktion zugute kommen. Dieses Ergebnis bestätigt sich auch in anderen Untersuchungen; so sieht auch Luz (1994) in einer verbesserten Kommunikation die einzige Möglichkeit, Wahrnehmungsdifferenzen zu überwinden. Das machte v.a. die sehr aufwändige Birs-Revitalisierung deutlich:

- Die Bereitschaft und das Interesse in der Bevölkerung für eine naturnahe Gestaltung der Wohnumwelt scheinen grundsätzlich gegeben.
- Die Akzeptanz kann durch das Einbeziehen der betroffenen Bevölkerung anhand von Befragungen und Meinungsbildern und weit reichender Information erreicht werden. Es ginge sogar noch einen Schritt weiter, wenn die betroffene Bevölkerung bereits in die Planungsphase mit einbezogen werden würde (vgl. Möglichkeit zu Gestaltungsvorschlägen im Fragebogen zur Birs-Revitalisierung und Projekt Stadtgewässer in Freiburg i. Br., Kaiser 2004; vgl. auch Erarbeitung des Naturschutzleitplans Naturforschende Gesellschaft Luzern 1997).
- Eine naturnahe Gestaltung von Naherholungsräumen kann in der Bevölkerung eine grosse Akzeptanz finden.

## 5.5 Zitierte Literatur

- Doberer A. 2004. Anforderungen an urbane Erholungsgebiete. Eine Befragung zur Wahrnehmung der Brüglinger Ebene. Semesterarbeit der ETHZ am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-20 + Anhang.
- Gloor D. & Meier H. 2001. Soziale Raumnutzung und ökologische Ansprüche. Soziologische Untersuchung zur Revitalisierung der Birs bei Münchenstein. Grundlagen und Materialien 1/01, Professur Forstpolitik und Forstökonomie an der ETH Zürich, 1-95 + 8 S. Anhang.
- Golder E. 2004. Die Birs. Ein Fluss sucht seinen Weg. Basel, 5-163.
- Gurtner-Zimmermann A. & Knall J. 2004. Auenrevitalisierung in der Wiese-Ebene bei Basel: die Akteursicht. *Regio Basiliensis* 45(3): 185-194.
- Herrmann U. 2004. Betreiberkonflikt und Nutzerzufriedenheit in der Brüglinger Ebene. Oberlehrerarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-69 + 50 S. Anhang.
- Kaiser O. 2004. Das „Bürgerprojekt StadtGewässer“ – Neue Ansätze zur Bewertung und Entwicklung urbaner Fliessgewässer. *Regio Basiliensis* 45(3): 163-174.
- Luz F. 1993. Zur Akzeptanz landschaftsplanerischer Projekte: Determinanten lokaler Akzeptanz und Umsetzbarkeit von landschaftsplanerischen Projekten zur Extensivierung, Biotopvernetzung und andere Massnahmen des Natur- und Umweltschutzes. Dissertation. Europäische Hochschulschriften: Reihe 42, Ökologie, Umwelt und Landespflege 11, 5-317.
- Minder C. 2003. Freizeittourismus am Bergsee: Nutzung einer stadtnahen Attraktion. *Regio Basiliensis* 44(3): 233-240.
- Naturforschende Gesellschaft Luzern 1997. Revitalisierung, Renaturierung. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 35: 9-216.
- Stoll S. 1999. Bewertungsprobleme bei der Umnutzung von Landschaft – Umweltsozialwissenschaftliche Erklärungsansätze. In: Schneider-Sliwa R., Schaub D. & Gerold G. (Hrsg.). *Angewandte Landschaftsökologie. Grundlagen und Methoden*. Berlin, 1-560.
- Stucki O. 2006. Funktionen und Strukturen urbaner Gewässer um Basel. Quellsee (Brüglinger Ebene) und Étang U (Petite Camargue Alsacienne) als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Arbeit.
- Wüthrich C. & Leser H. 1999. Der Bergsee Bad Säkingen vor der Jahrtausendwende. Ein limno- und landschaftsökologisches Gutachten. Konzepte und Strategien zur weiteren Bewirtschaftung des Bergsees. Schlussbericht, Universität Basel, 1-33.
- Wüthrich C., Huggenberger P., Gurtner-Zimmermann A., Geissbühler U., Kohl J., Zechner E. & Stucki O. 2003. Machbarkeit, Kosten und Nutzen von Revitalisierungen in intensiv genutzten, ehemaligen Auenlandschaften (Fallbeispiel Lange Erlen). Schlussbericht zum MGU-Projekt F2.00, Universität Basel, 1-157.

## 6 Zusammenfassung

Es wurden im Rahmen von MGU F1.03 während mehrerer Jahre Untersuchungen durchgeführt und Konzepte erarbeitet, die – auch bei veränderten Randbedingungen (Revitalisierung) – bei gleichzeitiger Verbesserung des Gewässerschutzes eine Erhöhung der landschaftlichen und biologischen Vielfalt ermöglichen. Die städtischen Gewässerlandschaften sollen dadurch naturnäher, arten- und habitatreicher, menschenfreundlicher und attraktiver gestaltet werden.

Grundsätzlich wurden in dieser Studie drei Themenbereiche intensiv bearbeitet:

### **a) Wie gross das Selbstreinigungspotenzial urbaner Flusslandschaften ist.**

Die Resultate der Untersuchung zeigen, dass durch die Optimierung der Selbstreinigungsprozesse auch in urbanen Flusslandschaften eine wesentliche Verbesserung der Wasserqualität erreicht werden kann. Insbesondere lassen sich bei bakteriellen Belastungen und im Bereich der Schwebstoffe mit wenigen Massnahmen (Durchfluss von Röhrichtarealen, Überflutungsbereiche, stehende Gewässer) enorme Verbesserungen erzielen, die auch für die künstliche Grundwasseranreicherung günstige und naturnahe Alternativen bieten. Besonders Gewässersysteme mit einem See verbessern die Wasserqualität hervorragend und verlängern die Reaktionszeit im Fall eines Unfalles. Gleichzeitig dienen naturnahe Überschwemmungsgebiete und Auenseen Pflanzen und Tieren als Lebensraum und der städtischen Bevölkerung als hochwertiger Erholungsraum.

### **b) Wie Grundwasserschutz und Revitalisierung nebeneinander stattfinden könnten.**

Im Zielkonflikt Revitalisierung vs. Grundwassernutzung werden die bestehenden Konzepte im planerischen Gewässerschutz der Komplexität der geforderten, verbesserten Fluss-/Grundwasser-Interaktion, insbesondere in urbanen Gebieten, nicht gerecht. Eine Erweiterung der bestehenden Schutzkonzepte durch die Berücksichtigung der Fliessgewässerqualität und der Filtrationsleistung der Bereiche zwischen Fliessgewässern und Entnahmehäusern ermöglicht, sich an den Zielen des Grundwasserschutzes und derjenigen naturnaher Gewässerökosysteme zu orientieren und repräsentiert bezüglich den hydrogeologischen Aspekten einen wirksamen und nachhaltigen Problemlösungsansatz.

### **c) Wie die städtische Bevölkerung auf Revitalisierungen reagiert bzw. wo die Knackpunkte für Akzeptanz oder Ablehnung liegen.**

Naherholungsgebiete in urbanen Räumen sind stark frequentierte Gebiete. Die Bevölkerung nutzt diese Wohnumgebung und nimmt den Raum und das Naturerlebnis darin bewusst in Anspruch. Das trifft auch auf die hier untersuchten Gebiete der revitalisierten Birs, des Parks „Im Grünen“ und des Bergsees in Bad Säckingen zu. Die Untersuchungen zeigen, dass bei der Bevölkerung auch direkt im städtischen Umfeld eine grosse Akzeptanz für naturnah gestaltete Erholungsgebiete vorhanden ist und derart veränderte Uferlandschaften sogar besondere Beliebtheit erfahren. Eine Akzeptanz für Revitalisierungsmassnahmen ist allerdings eng gekoppelt an eine umfassende Informationspolitik durch die Behörden und Verantwortlichen. Der Einbezug von Gestaltungsvorschlägen der betroffenen Bevölkerung in die Planung kann zum Gelingen von Revitalisierungsvorhaben beitragen.



## Publikationen im Rahmen des Projektes

- Doberer A. 2004. Anforderungen an urbane Erholungsgebiete. Eine Befragung zur Wahrnehmung der Brüglinger Ebene. Semesterarbeit der ETHZ am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-20 + Anhang.
- Durrer H. (in Arbeit). Wasserreinigung und Grundwasseranreicherung. Leistungen der Petite Camargue Alsacienne für ein sauberes Trinkwasser im Rheintalgraben. Association Petite Camargue Alsacienne.
- Freiberger H. 2004. Revitalisierung urbaner Gewässer – Akzeptanz für die revitalisierte Birs. *Regio Basiliensis* 45(3): 175-184.
- Freiberger H. (in Arbeit). Umweltrelevante Projekte am Südlichen Oberrhein und am Hochrhein. Beiträge von wissenschaftlicher Forschung an die Praxis. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel.
- Geissbühler U. (in Arbeit). Selbstreinigungsleistung urbaner Flusslandschaften bei Basel. Inwertsetzung revitalisierter und naturnaher Auen- und Feuchtgebieten in den ehemaligen Flussebenen von Wiese, Birs und Rhein. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel.
- Geissbühler U., Stucki O. & Wüthrich C. 2005. Reinigungsleistung des Gewässersystems in der Brüglinger Ebene (Basel, Schweiz). Potenziale für die Inwertsetzung urbaner Flussebenen. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel* 8: 135-153.
- Geissbühler U., Stucki O. & Wüthrich C. (in Arbeit). Selbstreinigungsprozesse im Gewässersystem der Petite Camargue Alsacienne: Chance für Natur- und Gewässerschutz? *Regio Basiliensis* 47(2).
- Geissbühler U., Vöggtli T., Stucki O. & Wüthrich C. 2004. Das Pflanzenklärgelände in der Brüglinger Ebene (Grün 80). Selbstreinigungsprozesse in urbanen Flusslandschaften. *Regio Basiliensis* 45(3): 213-227.
- Herrmann U. 2004. Betreiberkonflikt und Nutzerzufriedenheit in der Brüglinger Ebene. Oberlehrerarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-69 + 50 S. Anhang.
- Huggenberger P. & Regli C. 2004. Revitalisierung von Fließgewässern im Konflikt mit der Grundwassernutzung? *Natur und Mensch* 1: 8-11.
- Huggenberger P. & Regli C. (im Druck). Sedimentological model in order to characterize braided river deposits for hydrogeological applications. In: Sambrook-Smith G.H., Best J.L., Bristow C.S. & Petts G.E. (Eds.). *Braided Rivers: Processes, Deposits, Ecology an Measurements*. IAS Special Publication.
- Huggenberger P., Regli C., Epting J. & Guldenfels L. 2004. Revitalisierung von Fließgewässern in Grundwasserschutzgebieten – ein Oxymoron? *Regio Basiliensis* 45(3): 195-212.
- Huggenberger P., Zechner E., Regli C. & Spottke I. 2005. Fließgewässer und ihre Auswirkungen auf das Grundwasser (Teilmodul Fluss-/Grundwasser-Interaktion). In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) (Hrsg.). *Monit: Entwicklung von Prognosewerkzeugen*. Karlsruhe, 61-73.
- Maurer N. 2003. Bestimmung der östrogenen und androgenen Aktivität von UV-Absorbern in vitro. Diplomarbeit an der ETHZ, 1-67.
- Minder C. 2003. Freizeittourismus am Bergsee: Nutzung einer stadtnahen Attraktion. *Regio Basiliensis* 44(3): 233-240.
- Regli C., Guldenfels L. & Huggenberger P. 2004. Revitalisierung von Fließgewässern im Konflikt mit der Grundwassernutzung. *Gas, Wasser, Abwasser* 4: 261-272.
- Regli C., Rauber M. & Huggenberger P. 2003. Analysis of aquifer heterogeneity within a well capture zone, comparison of model data with field experiments: A case study from the river Wiese, Switzerland. *Aquatic Sciences* 65(2): 111-128.
- Regli C., Rosenthaler L. & Huggenberger P. 2004. GEOSAV: a simulation tool for subsurface applications. *Computers & Geosciences* 30(3): 221-238.
- Stucki O. 2004. Der Quellsee in der Brüglinger Ebene: Eine echte Oase? Ein urbanes Gewässer als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. *Regio Basiliensis* 45(3): 229-241.
- Stucki O. (in Arbeit). Funktionen und Strukturen urbaner Gewässer um Basel. Quellsee (Brüglinger Ebene) und Étang U (Petite Camargue Alsacienne) als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel.
- Vöggtli T. 2003. Zustand und Funktion einer Pflanzenkläranlage (Grün 80) nach 24jährigem Betrieb. Lizentiatsarbeit am Geographischen Institut der Universität Basel, 1-84 + 15 S. Anhang.
- Wüthrich C. 2003. Der Bergsee Bad Säckingen: Die Revitalisierung eines urbanen Sees. *Regio Basiliensis* 44(3): 205-220.

Flüsse und Flusslandschaften, welche urbane Räume queren, sind den menschlichen Aktivitäten konsequent unterworfen und entsprechend angepasst. Unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit und der verstärkten Erholungsnutzung laufen seit einiger Zeit Bestrebungen, diese Räume natürlicher zu gestalten. Sie stossen jedoch oft auf erhebliche Zielkonflikte. Im MGU-Projekt F1.03 wurde nach Lösungen gesucht, die eine Wiederbelebung natürlicher Auenlandschaften erlauben, ohne aktuelle Nutzungen auszuschliessen. Die gewonnenen Resultate zeigen, dass mit einem modernen Flusslandschaftsmanagement sowohl die ökologischen wie auch die gesellschaftlichen Aspekte mit heutigen Nutzungsformen vereinbart werden können.

