

#

#

# RISIKOBETRACHTUNG UND UNTERSUCHUNGSPROGRAMM ZU PATHOGENEN PARASITEN IN ROHWÄSSERN FÜR DIE TRINKWASSERVERSORGUNG IN BULGARIEN

#

---

*Risk Assessment and survey on pathogenic parasites in raw waters used for the drinking water supply in Bulgaria*

gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ 25681-12

**Projektbericht für den Zeitraum 03/2008 – 10/2009**

Projektpartner:

Umweltbüro Dipl.-Ing. Mulisch GmbH, Potsdam, Deutschland

National Center of Public Health Protection, Sofia, Bulgarien



<b>Titel</b>	<b>Risikobetrachtung und Untersuchungsprogramm zu pathogenen Parasiten in Rohwässern für die Trinkwasserversorgung in Bulgarien</b>		
<b>Stichworte</b>	Wasser, Trinkwasser		
	Laufzeit	Projektbeginn	Projektende
	<b>20 Monate</b>	<b>01.03.2008</b>	<b>15.10.2009</b>
<b>Projektleitung</b>	Umweltbüro Dipl.-Ing. Mulisch GmbH	Tel	0331-625341
	An der Parforceheide 68	Fax	0331 625342
	14469 Potsdam (D)	Projektleitung	
		Dr. Hans-Martin Mulisch (D)	
		Dr. Veska Kambourova (BG)	
<b>Kooperationspartner</b>	National Center of Public Health Protection (NCPHP)		
	15, Iv. Ev. Geshov boul.		
	1431 Sofia (BG)		

### ***Zielsetzung und Anlass des Vorhabens***

In Bulgarien sind im Bereich der Trinkwasserversorgung große Herausforderungen bei der Trinkwasserqualität, damit direkt verbunden der Rehabilitation von technischen Aufbereitungsstufen und dem nachhaltigen Schutz der Wasserressourcen gegeben. Dringlich waren im Rahmen des Projektes Untersuchungen durchzuführen, die akute gesundheitliche Auswirkungen haben können und im regulären mikrobiologischen Untersuchungsprogramm der Gesundheitsbehörden nicht enthalten sind. Die Untersuchung auf pathogene Parasiten war deshalb besonders vordergründig, weil diese durch konventionelle Desinfektionsstufen nicht entfernt werden. Sie müssen zunächst als Krankheitserreger in bestimmten Versorgungsgebieten erkannt werden, um eine geeignete Strategie für deren Reduktion entwickeln zu können.

Ziel des Projektes ist, wirksame Hilfe zur Selbsthilfe zu leisten, indem durch ein gezieltes Untersuchungsprogramm auf Parasiten, resultierende Risiken aufgezeigt werden, um zukünftig Vermeidungsmaßnahmen im Sinne eines Multi-Barrieren-Systems bzw. technische Aufbereitung einzuleiten und auf diesem Weg langfristig eine gute Gewässerqualität über ein regionales Wassermanagement zu erreichen.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

Das Projekt wird in Arbeitspakete (AP), Meilensteinplanung (MS) und Erfolgskriterien (EK) über die Laufzeit von 20 Monaten strukturiert. Die Arbeitspakete (Arbeitsschwerpunkte) des Projektes umfassen:

AP1: Koordinierung, Informationsaustausch und Qualitätssicherung

AP2: Risikobetrachtung und Auswahl der Probenahmestellen

AP3: Probenahmeprogramm und Analytik

AP4: Auswertung der Ergebnisse für eine zukünftige Spezifizierung von Vermeidungsstrategien und technischen Lösungen

AP5: Verteilung der Ergebnisse zur Übertragung auf andere Regionen

## **Ergebnisse und Diskussion**

Die wesentlichen Erfolgskriterien (EK) bzw. Produkte des Projektes sind:

- Die Qualifizierung der bulgarischen Projektbeteiligten für die Sicherstellung der nach dem Projekt weitergehenden Qualitätsüberwachung von Wasser für den menschlichen Gebrauch auf Mikroben und Parasiten als Hilfe zur Selbsthilfe,
- Die Herangehensweise bei der Risikobewertung von Wasserressourcen für die Trinkwasserversorgung,
- Eine erste Bestandsaufnahme zur Belastungssituation der Trinkwasserressourcen durch Parasiten und deren Quellen,
- Die Schaffung der Datengrundlage zur zukünftigen Ableitung von organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Vermeidung der Belastungen durch Parasiten und des Gesundheitsrisikos versorgter Einwohner und damit verbunden die Schaffung von Möglichkeiten des Einsatzes deutscher Technologien zur Reduzierung / Eliminierung von Belastungen durch Parasiten,
- Die Information von Stakeholdern in Deutschland und Bulgarien durch die Berichterstattung über die Belastungssituation von Rohwässern .

## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Die Inhalte des Projektes wurden in einer kick-off Veranstaltung im April 2008 den Projektbeteiligten und der interessierten Öffentlichkeit in Sofia vorgestellt. Während des Projektes informiert zudem eine Internet-Seite auf [www.umweltbuero.de](http://www.umweltbuero.de) über den Projektfortschritt.

Neben dem vorliegenden Projektbericht sind Veröffentlichungen vorgesehen.

## **Fazit**

Das Projekt hat durch „Hilfe zur Selbsthilfe“ eine Lücke bei der Überwachung der Trinkwasserqualität im Bereich der Mikrobiologie geschlossen und „hotspots“ von problematischen Wasserversorgungsanlagen aufgezeigt, um zukünftig gezielte Maßnahmen für eine sichere Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser einleiten zu können. Hierzu zählen: Ein verbesserter Ressourcenschutz, eine spezifische Trinkwasseraufbereitung und eine modernisierte Überwachung.

Die Ergebnisse sollen Vergleiche mit anderen europäischen Ländern ermöglichen. Die aufgezeigte Vorgehensweise ist auf andere Europäische Regionen übertragbar.



## Kurzfassung

In den letzten Jahren wird vermehrt über trinkwasserbedingte Epidemien mit Cryptosporidien (*Cryptosporidium parvum*) und Giardien (*Giardia lamblia*) berichtet. Auch in Bulgarien lösten diese Ereignisse eine Diskussion über hygienische Anforderungen an die Trinkwasserversorgung aus Oberflächengewässern aus. Neuere Untersuchungen dort bestätigen zudem den großen Einfluß der Landwirtschaft auf die Roh- bzw. Trinkwasserqualität aufgrund des oft mangelnden Gewässerschutzes (Indikatorparameter Nitrat).

Trinkwasserbedingte Cryptosporidien-Übertragungen werden durch die hohe Resistenz der Oocysten gegenüber Desinfektionsmitteln in der Trinkwasseraufbereitung begünstigt, der in Bulgarien oft einzigen Aufbereitungsart in den Wasserwerken. Vielerorts sind neben dem fehlenden wirksamen Ressourcenschutz im Umfeld von Wasserentnahmestellen und von kommunalen Abwassereinträgen in Oberflächengewässer auch keine weiteren wirksamen technischen Aufbereitungsstufen zur Eliminierung von Mikroorganismen wie Flockungs- und Filtrationsstufen in den Wasserwerken vorhanden.

Tatsächlich standen zu Projektbeginn in Bulgarien nur sehr beschränkte Informationen über potentielle Kontaminationen von Oberflächen- und Grundwässern mit Parasiten zur Verfügung. Die o.g. Umstände gaben daher Anlass zur Befürchtung von Kontaminationen und mögliche gesundheitliche Gefährdungen durch parasitische Protozoen, so dass gezielte Risikobetrachtungen im Umfeld potentiell kontaminierter Wasserressourcen und ein daraus abgeleitetes Untersuchungsprogramm dringend angezeigt war.

Ziel war es, durch ein gezieltes Untersuchungsprogramm auf Parasiten, potentielle resultierende Risiken aufzuzeigen. Mehr als 70 Probenahmen und Untersuchungen von Rohwasserressourcen für die Trinkwasserversorgung zeigen im Ergebnis die akute Belastungssituation durch mikrobiologische Parameter und pathogene Parasiten auf. Die Wahl der Probenahmepunkte stützte sich auf die Einschätzung potentiell kontaminierter Bereiche durch die regionalen Gesundheitsbehörden gemeinsam mit den Wasserversorgern und den Umweltbehörden. Die Ergebnisse zeigen für eine Auswahl dieser Rohwasserressourcen in verschiedenen Versorgungsgebieten reproduzierbare und daher konstante Belastungen durch pathogene Parasiten im Wasser auf. Die Autoren empfehlen daher, das Untersuchungsprogramm um einige und ebenfalls als risikoreich eingeschätzte Versorgungsgebiete zu erweitern bzw. die Messungen in einigen definierten Einzugsgebieten zu wiederholen.

Ein wesentliches Erfolgskriterium für die Bereitstellung der bisherigen Ergebnisdaten des Projektes ist dieser zusammenfassende Bericht über die Herangehensweise und die Darstellung der Belastungssituation des Rohwassers durch pathogene Parasiten für die Trinkwasserversorgung in Bulgarien.

Die Ergebnisse des Projektes werden am 27.11.2009 im Rahmen eines Workshops mit Vertretern der nationalen und regionalen bulgarischen Gesundheitsbehörden in Sofia diskutiert.

Die Projektleitung möchte sich an dieser Stelle ausdrücklich für die Unterstützung dieses Projektes bei dem Projektteam vor-Ort, den Projektpartnern und den unterstützenden Organisationen bedanken.

Unser Dank gilt insbesondere der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und Herrn Heidenreich, die durch die finanzielle Förderung das Projekt erst möglich gemacht haben.

Der Dank gilt dem Ministerium für Gesundheit in Sofia und den regionalen Gesundheits- und Umweltbehörden und Wasserversorgungsunternehmen, das das Projekt fachlich und organisatorisch in sehr bemerkenswerter Weise auch in vielen persönlichen Kontakten und mit großem Engagement unterstützt haben.

Ganz besonders möchten wir uns bei der Leitung des NCAPH und den Mitarbeitern, die das Projektteam gebildet haben, bedanken, die hochmotiviert und engagiert die Arbeiten im Projekt durchgeführt haben.

Wir bedanken uns ebenfalls für die fachliche Unterstützung durch das Umweltbundesamt, namentlich bei Frau Dr. Feuerpfeil und ihren kompetenten Mitarbeiterinnen, sowie bei Herrn Dr. Wricke des Technologiezentrums Wasser des DVGW in Dresden, die uns besonders in den Anfängen des Projektes sehr weitergeholfen haben.

## Inhalt

Kurzfassung .....	5
1 Einleitung.....	9
2 Vorbereitende Arbeiten .....	15
2.1 Befragung der Regionalen Hygieneinstitute .....	15
2.2 Auswahl der Probenahmepunkte.....	16
3 Untersuchungsmethoden.....	17
3.1 Physikalische und chemische Untersuchungen .....	17
3.1.1 pH-Wert.....	17
3.1.2 Elektrische Leitfähigkeit .....	18
3.1.2 Trübung .....	18
3.2 Bakteriologische Parameter .....	19
3.2.1 Total Coliforme (TC) und E.coli.....	19
3.2.2 Enterokokken .....	20
3.2.3 Sulfitreduzierende Clostridien.....	20
3.2.4 Evaluationskriterien .....	21
3.3 Anreicherung und Nachweis von Cryptosporidium Oocysten und Giardia Cysten aus Wasserproben .....	22
3.4 Vitalfärbung mit DAPI.....	24
3.5 Untersuchungszeitraum .....	24
3.6 Untersuchungsobjekte und Probenahmestellen .....	26
3.6.1 Untersuchungsobjekte .....	26
3.6.2 Probenahmestellen .....	29
4 Ergebnisse und Diskussion .....	34
4.1 Ergebnisse der Wasseruntersuchungen.....	34
4.1.1 Untersuchungsstellen in der Region von Pernik .....	34
4.1.2 Untersuchungsstellen in der Region Kjustendil .....	39
4.1.3 Untersuchungsstellen in der Region Montana .....	45

4.1.4 Untersuchungsstellen in der Region Pazardzhik .....	53
4.1.5 Untersuchungsstellen in der Region Plovdiv.....	60
4.1.6 Untersuchungsstellen in der Region Vidin .....	69
4.1.7 Untersuchungsstellen in der Region Lovech .....	73
4.1.8 Untersuchungsstellen in der Region Sofia .....	79
4.1.9 Untersuchungsstellen in der Region Kardzhali.....	85
4.1.10 Untersuchungsstellen in der Region Smoljan .....	90
4.1.11 Untersuchungsstellen in der Region Sliven.....	96
4.2 Auswertungen .....	101
4.2.1 Aussagen aus der Literatur im Zusammenhang mit den durchgeführten Untersuchungen.....	101
4.2.2 Gesamtauswertung der durchgeführten Untersuchungen .....	102
5 Interpretation der Rohwasserbelastungen durch pathogene Parasiten in den untersuchten Regionen und Empfehlungen von Maßnahmen zur Vermeidung oder Verhinderung.....	112
6 Schlussfolgerungen.....	120
7 Zusammenfassung.....	121
Tabellenverzeichnis.....	125
Bilderverzeichnis .....	128
Literaturverzeichnis.....	130
Anhang 1 Fragebogen 1 (englisch) .....	132
Anhang 2 Fragebogen 2 (englisch) .....	137
Anhang 3 Ergebnisse des Fragebogens .....	142
Anhang 4 Ergebnistabelle der Untersuchungen auf pathogene Parasiten mit den gemessenen Einzelparametern nach Regionen und Wasserkörpern sortiert (englisch).....	157

## 1 Einleitung

Für die Trinkwasserversorgung Bulgariens sind ca. 60 regionale Wasserversorgungsunternehmen (WVU) verantwortlich, die sich zum überwiegenden Teil noch in staatlicher bzw. regionaler öffentlicher Hand befinden. Der Verantwortungsbereich erstreckt sich u.a. auf die Einhaltung der Trinkwasserqualitätsvorschriften auf nationaler und europäischer Ebene.

Die zuständige staatliche Behörde für die Umsetzung der Qualitätsanforderungen der bulgarischen Trinkwasserverordnung (Regulation Nr. 9/2001) ist das Ministerium für Gesundheit, das die Überwachung über eine nationale Stelle (Nationales Zentrum für das öffentliche Gesundheitswesen, National Center of Public Health Protection – NCPHP) und regionale Strukturen (regionale Hygieneinstitute - Inspektorate für öffentliches Gesundheitswesen – Verhütung und Kontrolle (Regional Inspectorates of Public Health Protection Control - RIPHPC) ausübt. Den 28 regionalen Gesundheitsbehörden obliegen die Kontrolle der Trinkwasserqualität und die Überwachung der hygienischen Aspekte der Aufbereitung, Desinfektion und Wasserverteilung. Weiterhin sind sie zuständig für die Kontrolle von hygienischen Anforderungen (Nutzungsbeschränkungen) in den Trinkwasserschutzgebieten (TWSG). Die WVU sind jedoch zur regelmäßigen Eigenüberwachung der Trinkwasserqualität, d.h. der Entnahme von Trinkwasserproben und deren Analytik sowie die Weitergabe der Qualitätsdaten an die staatlichen Überwachungsbehörden verpflichtet.

Die Ausstattung der Labore, sowohl der Überwachungsbehörden als auch der WVU, ist jedoch noch unzureichend, so dass eine vollumfängliche Qualitätsüberwachung des Trinkwassers idR nicht möglich ist.

Der bulgarische Wasserverband sieht zurzeit im Bereich der Trinkwasserversorgung die größten Herausforderungen bei

- der Trinkwasserqualität,
- der Rehabilitation und Modernisierung von technischen Aufbereitungsstufen und Gebäuden,
- dem nachhaltigen Schutz der Wasserressourcen
- dem weiteren Ausbau kommunaler Abwasserkanalisation und –behandlung.

In mehreren Projekten, die von deutscher Seite bezüglich dieser Herausforderungen gemeinsam mit dem Projektpartner NCPHP im Rahmen europäischer und deutscher Beratungshilfe eingebracht wurden, konnte hinsichtlich der Datensammlung,

Überwachung und Bewertung von Grenzwertüberschreitungen chemischer Inhaltstoffe des Trinkwassers gegenüber den zuständigen bulgarischen Stellen bereits wirksame „Hilfe zur Selbsthilfe“ geleistet werden, so dass dieser Teil der Qualitätsüberwachung und -sicherung nunmehr auch über die Anwendung eines erarbeiteten praktischen Leitfadens funktioniert (Dieter, Gopina, Kambourova, Mulisch, & Vasiliev, 2006).

Was für die Qualitätssicherung des Trinkwassers in Bulgarien hinsichtlich der chemischen Inhaltstoffe erreicht werden konnte, galt für die Initiierung des Projektes umso dringlicher hinsichtlich der mikrobiologischen Belastungen, welche akute gesundheitliche Auswirkungen haben können. Dabei war die Untersuchung des Trinkwassers auf pathogene Parasiten deshalb besonders vordergründig, weil diese durch eine konventionelle Desinfektionsstufe nicht entfernt werden. Sie müssen zunächst als Auslöser von Erkrankungen in bestimmten Versorgungsgebieten erkannt werden, um eine geeignete Strategie für deren Reduktion entwickeln zu können. Belastungen durch Parasiten sind idR dort zu finden, wo Abwässer aus menschlichen Siedlungen, Tierhaltungen oder über Wildtiere in Einzugsgebiete von Trinkwasserentnahmestellen dringen können und zusätzlich der Ressourcenschutz des Wassers - als Multi-Barrierensystem oder über Bodenpassagen und weiteren (Selbst-)Reinigungseffekten - nicht gegeben ist.

Hinsichtlich der Trinkwasserqualität existieren in Bulgarien umfassende nationale und europaweite gesetzliche Anforderungen (Richtlinie 98/83/EG, Regulation Nr. 9 in Bulgarien, TrinkwV in Deutschland,). Routinekontrollen des Trinkwassers zeigen zeitweise mikrobielle Belastungen mit fäkalen Indikatorkeimen. In Deutschland konnten in Studien mit neuen Analyseverfahren in der Mikrobiologie jedoch neben den Indikatorkeimen auch pathogene Mikroorganismen wie Cryptosporidien im Rohwasser festgestellt werden. Die in Deutschland gemachten Erfahrungen sind für das Projekt von hohem Nutzen, da in den vergangenen Jahren die Analyseverfahren wesentlich verfeinert werden konnten.

Neben den inhärenten biologischen Eigenschaften der Parasiten und ihrer in der Umwelt beständigen Form (Oo/cysten), die alleine schon Sorge um die Wassersicherheit bereiten, wird das Problem dadurch verschärft, dass in bestimmten Regionen Bulgariens die Gegebenheiten für ein Auftreten von pathogenen Parasiten

wie Cryptosporidien (*Cryptosporidium parvum*) und Giardien (*Giardia lamblia*) im Trinkwasser besonders geeignet erscheinen<sup>1</sup>:

- 2006 wurden 5.892 Entnahmestellen der zentralen Wasserversorgung des Landes genutzt, davon waren 315 von Oberflächengewässern. Trotz der verbleibenden hohen Anzahl von Grundwasserbrunnen, liegt der mengenmäßige Anteil der Nutzung von - gegenüber Verunreinigungen besonders empfindlichen - Oberflächengewässern für die Trinkwasserversorgung Bulgariens mit über 50% besonders hoch.<sup>2</sup>
- Trinkwasserbrunnen bzw. Entnahmestellen von Grundwasser und Uferfiltrat sind in einigen Regionen oberflächennah angeordnet, so dass Bodenpassagen mit kurzen Aufenthaltszeiten und geringen Filtrationswirkungen möglich sind.
- Neuere Untersuchungen dort bestätigen zudem den großen Einfluß der Landwirtschaft auf die Roh- bzw. Trinkwasserqualität aufgrund des oft mangelnden Gewässerschutzes. Ein Indikator hierfür ist die hohe Nitratkonzentration in den Grundwässern.
- Die hohe Trübung von Oberflächengewässern, insbesondere im Zusammenhang mit ungünstigen Wetterereignissen wie starker Regen und die Schneeschmelze, ist eines der Trinkwasserqualitätsprobleme, die z.Zt. - auch unter vereinzeltm Einsatz von Aufbereitungstechnologien (Fällung/Flockung, Sedimentation, Filtration) – dort nicht überall in den Griff zu bekommen ist.
- Trinkwasserbedingte Cryptosporidien-Übertragungen werden durch die hohe Resistenz der Oocysten gegenüber Desinfektionsmitteln, wie Chlorgas u.a., in der Trinkwasseraufbereitung begünstigt. In der Folge werden durch die Chlorung des Wassers zwar allgemein die mikrobiellen Belastungen reduziert, die pathogenen Parasiten können hierdurch jedoch nicht ausreichend reduziert werden.
- In Bulgarien ist die Chlorung – soweit sie funktioniert – die oft einzige Aufbereitungsstufe zwischen Rohwasser- und Trinkwasserqualität. Nach aktuellen Daten haben mehr als 2/3 der für Trinkwasserzwecke genutzten

---

<sup>1</sup> Es gibt zurzeit nur ca. 68 Abwasserbehandlungsanlagen im ganzen Land, die i.d.R. über keinen hohen technischen Standard verfügen (54 davon verfügen über eine biologische Reinigungsstufe, deren Effizienz jedoch nur bei ca. 53% ihrer Kapazität liegt). Die Abwässer aus Zuchtbetrieben der Landwirtschaft werden üblicherweise völlig ungeklärt eingeleitet.

<sup>2</sup> Der Anteil des Talsperrenwassers an der Gesamtmenge des genutzten Oberflächenwassers beträgt 45,4 %. Ein Anteil von 7 % wird direkt aus Fließgewässern entnommen.

Oberflächengewässer neben der Desinfektion keine weiteren Behandlungs- bzw. Reinigungsstufen zur Eliminierung von Mikroorganismen, wie Flockungs- und Filtrationsstufen.

- Hinzu kommt, dass im Umfeld von Trinkwasserentnahmestellen in der Regel wohl Trinkwasserschutzzone eingerichtet sind, jedoch nur selten effektive bzw. wirksame Kontrollen durchgeführt werden können.
- Nach historischen Angaben kommt es dazu, dass in wasserarmen Jahren bzw. Sommerperioden mitunter hygienisch nicht einwandfreie Talsperrenwässer aus dem Totwasservolumen oder aus Talsperren zum Zweck der landwirtschaftlichen Bewässerung entnommen werden, so dass mikrobielle Belastungen inklusive Parasiten - ausgehend von landwirtschaftlichen oder kommunalen Abwässern oder Wildtieren - nur sehr kurze Wege zum Trinkwasser haben.

Tatsächlich standen zum Projektbeginn in Bulgarien keine Informationen über Kontaminationen von Oberflächen- und Grundwässern mit pathogenen Parasiten zur Verfügung. Die o.g. Umstände gaben allerdings Anlass zur Befürchtung, dass Kontaminationen und damit einhergehende gesundheitliche Gefährdungen durch parasitische Protozoen zumindest saisonal auftreten, so dass aufgrund der epidemischen Gefährlichkeit gezielte Risikobetrachtungen im Umfeld potentiell kontaminierter Trinkwasserentnahmestellen und die Durchführung eines daraus abgeleiteten Untersuchungsprogramms dringend erforderlich erschienen.

Für die Durchführung des Projektes fehlte es neben den Mitteln für Verbrauchsmaterialien insbesondere an qualifizierten Beratungsleistungen und einem intensiven Informationsaustausch, da die Wasserexperten in Bulgarien ganz am Anfang dieser neuen Aufgabe standen. Eine weitere Unterstützung durch nationale Mittel aus Bulgarien oder über ein europäisches Projekt stand für diese Aufgabe in absehbarer Zeit nicht in Aussicht.

Im Projekt sollten Lösungsansätze hinsichtlich der aufgezeigten Probleme aufgezeigt und Hilfe zur Selbsthilfe in Form von wirksamen Anschubinitiativen deutscher Experten gegeben werden:

- Durch Beratungshilfe, Training und Erfahrungsaustausch sollten das notwendige Wissen und die Übung vermittelt werden, um entsprechende Untersuchungen auf dem Stand der Technik erreichen zu können.
- Die noch lückenhafte Laborausstattung bzw. das Verbrauchsmaterial sollte soweit ergänzt werden, dass die Untersuchungen an ausgewählten Standorten

durchgeführt werden können und um Aussagen zur allgemeinen Belastungssituation zu erhalten.

- An im Rahmen des Untersuchungsprogramms festgestellten Kontaminationen des Rohwassers für Trinkwasserzwecke mit Parasiten sollten die potentiellen Quellen bestimmt werden.

Aufgrund ähnlicher Untersuchungsprogramme auf Parasiten, wie sie in Deutschland durch das Umweltbundesamt durchgeführt wurden, konnte diesbezüglich auf einen breiten Erfahrungsschatz des Umweltbundesamtes – Forschungsstelle Bad Elster – in Deutschland zurückgegriffen werden.

Die deutschen Beratungsleistungen umfassten insbesondere:

- Allgemeine Beratung und Training zum Thema Parasiten im Wasser, inkl. Nachweise,
- Hilfestellung bei der Erstellung und Auswertung eines Fragebogens an die regionalen Stellen von Umwelt- und Gesundheitsbehörden bzw. Wasserversorgungsunternehmen sowie die Durchführung einer Risikobewertung, um die gefährdeten Wassergewinnungs- und Versorgungssysteme zu identifizieren,
- Durchführung eines Erfahrungsaustausches mit deutschen Experten,
- Fachliche Unterstützung bei der Erstellung des Untersuchungsprogramms sowie dessen Dokumentation,
- Beratung hinsichtlich der Implementierung der Probenahme und Analyse-Methodik (ISO 15553 : 2006), Verfahren der Qualitätsüberwachung und Qualitätssicherung.

Dabei strebte das Projekt folgende Einzelziele an:

- Qualifikation der Entscheidungsträger zur Analyse und Bewertung von Belastungen des Trinkwassers mit Parasiten,
- Identifikation der potentiell gefährdeten Regionen und Wasserversorgungsgebiete,
- Abschätzung der Belastungen des Trinkwassers mit Parasiten durch Messung / Analytik von natürlichen Wässern und Roh-/Trinkwässern in ausgewählten Einzugsgebieten,
- Die Beurteilung des Vorhandenseins von *Cryptosporidium* und *Giardia* in Rohwässern, die für die Trinkwasserversorgung genutzt werden,

- Aufzeigen eventueller Relationen zwischen der Präsenz von Oo/Cysten und allgemeinen mikrobiologischen Parametern als Indikatoren für die Wasserqualität
- Auswertung der Ergebnisse und Bestimmung der Risiken für Trinkwasser und die öffentliche Gesundheit,
- Aufzeigen möglicher Zusammenhänge zwischen dem Vorhandensein von Oo/Cysten und der Wassertrübung, die wiederum Hinweise auf meteorologische Gegebenheiten gibt (Regen, Schneeschmelze, etc.),
- Entwurf von Empfehlungen zur Risikominimierung bezogen auf Möglichkeiten einer entsprechenden Wasseraufbereitung, um eventuelle Risiken für den Trinkwasserkonsumenten zu minimieren.

Das Projekt stellt über diese Ergebnisse Schritte zur Umwelt- und Gesundheitsvorsorge zur Verfügung, um weiterführende notwendige Maßnahmen zu erkennen und durch die zuständigen Stellen zielgerichtet durchführen zu können. Die Ergebnisse haben hohen Praxisbezug in den Bereichen der Umweltüberwachung, der öffentlichen Gesundheitsvorsorge und der Verbesserung der regionalen Lebens- und Umweltqualität. Die Projektergebnisse sollen insbesondere auch wichtige Informationen für das regionale Wassermanagement, die Ausweisung von Wassereinzugsgebieten für Trinkwasserzwecke und Anforderungen an zukünftige Planungen und wassertechnische Umsetzungen von Abwasserbehandlungsanlagen und Trinkwassergewinnungsanlagen bereitstellen.

In Vorbereitung des Projektes wurden Vorgespräche mit dem Gesundheitsministerium und dem Nationalen Zentrum für den öffentlichen Gesundheitsschutz (NCPHP) sowie mit dem für die Wasserversorgung zuständigen Ministerium für Regionale Entwicklung und Staatliche Bauvorhaben, der Bulgarischen Wasserassoziation sowie mit Kommunalverbänden geführt, die durchweg ein hohes Interesse an der Durchführung des Projektes hatten. Der Projektpartner, das Nationale Zentrum für das öffentliche Gesundheitswesen in Sofia (BG) hatte einen Großteil der für den Nachweis gem. ISO 15553 von pathogenen Mikroorganismen stationären Laborausstattung und Personal in das Projekt eingebracht.

---

<sup>3</sup> ISO 15553 : 2006 "Water Quality – Isolation and Identification of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts from water"

## 2 Vorbereitende Arbeiten

### 2.1 Befragung der Regionalen Hygieneinstitute

Die Struktur der zentralisierten Wasserversorgung in Bulgarien ist durch eine große Anzahl von Rohwasserressourcen geprägt. Entsprechend den aktuellen Daten des Bulgarischen Ministeriums für Gesundheit (Ministry of Health - MoH) wird Rohwasser für Trinkwasserzwecke aus 5.892 Entnahmestellen gewonnen, von denen 315 Oberflächengewässer sind (vgl. Kapitel Einführung). Um hieraus eine Auswahl zu treffen, welche dieser Entnahmestellen hinsichtlich pathogener Parasiten risikobehaftet sein können, war eine enge Zusammenarbeit mit den regionalen Behörden notwendig.

Dieser risikobasierte Ansatz wurde angewendet, um potentielle Quellen von Cryptosporidium und Giardia im Wassereinzugsgebiet und Risiken für das Wasserwerk zu bewerten.

In diesem Zusammenhang wurde ein Fragebogen entworfen, um den regionalen Hygieneinstituten (Inspektorate für öffentliches Gesundheitswesen – Verhütung und Kontrolle, RIPHPC) eine Hilfestellung dahingegen zu geben, die für die Trinkwassergewinnung genutzten Rohwasserressourcen hinsichtlich ihres Risikopotentials auf parasitäre Kontaminationen mit Cryptosporidium und/oder Giardia oo/Cysten einzuschätzen. Der Fragebogen zielte auf die Empfindsamkeit dieser Wasserkörper, d.h. inwieweit er gegenüber möglichen Kontaminationen aufgrund von festgelegten Schutzzonen, einer ausreichenden natürlichen Filtrationsstrecke (Deckschicht oder Uferfiltration) des Rohwassers, bisherigen Auffälligkeiten bei mikrobiologischen Parametern, Trübung, des Vorhandenseins von Aufbereitungsstufen im Wasserwerk (Fällung, Flockung, Filtration, Belüftung, Desinfektion), den Versorgungsgebieten und den versorgten Einwohnern usw. geschützt oder relativ ungeschützt ist (vgl. Anlage).

Der Fragebogen wurde zu Beginn des Projektes über das MoH an die 28 regionalen Stellen (RIPHPC) im Land versendet und jede dieser 28 Stellen hatte den Fragebogen in Zusammenarbeit mit den regionalen Wasserversorgungsunternehmen und/oder den River Basin Direktionen (Flußgebietsdirektionen) innerhalb von ca. 8 Wochen ausgefüllt.

## 2.2 Auswahl der Probenahmepunkte

Die Rückmeldung erfolgte durch alle 28 RIPHPC. Auf der Basis der Auswahlkriterien des Fragebogens wurden 94 Rohwasserressourcen für die Trinkwasserversorgung in 26 Regionen als risikobehaftet identifiziert. 43 hiervon sind Oberflächengewässer (Flüsse, Stauseen, Seen) und 51 sind Grundwasserressourcen wie Uferfiltrate, Brunnen oder Quellen. Eine Übersicht der Verdachts-Ressourcen stellt die Tabelle A3 im Anhang dar.

Die Vorauswahl der Probenahmepunkte in den Regionen in Bezug auf mögliche Verunreinigungen durch stabile Formen pathogener Parasiten erfolgte aufgrund der Spezifik von Probenahme und Analyse, der Empfindlichkeit und Zugänglichkeit der Wasserressource sowie der relativ kurzen Projektdauer.

- In zwei Regionen konnten keine verdächtigen Wasserressourcen identifiziert werden (Sofia - Stadt und Silistra)
- Verdächtige Wasserressourcen aus 8 Regionen (Varna, Vratsa, Dobritch, Pleven, Razgrad, Russe, Haskovo und Jambol) sind ausschließlich Grundwasserressourcen. Aufgrund der relativ geringeren Empfindsamkeit gegenüber Verunreinigungen, wurden diese als 2. Priorität deklariert und nicht in das Untersuchungsprogramm aufgenommen
- Andere Wasserressourcen, die als risikobehaftet gelten, jedoch schwer zugänglich sind, wurden in sieben Regionen festgestellt (Blagoevgrad, Burgas, V.Tarnovo, St.Zagora, Targoviste, Shumen). Hier wäre eine Untersuchung angezeigt, sie wurden jedoch wegen der schweren Erreichbarkeit nicht in das Untersuchungsprogramm aufgenommen.

Die restlichen als risikobehaftet beurteilten Wasserressourcen wurden anhand folgender Kriterien ausgewählt:

- Mehrere Risikofaktoren nahe der Wasserressource,
- Nähe zu fäkalen Verunreinigungen (tierisch, menschlich),
- Ausweisung eines (Trink-)Wasserschutzgebietes (TWSZ),
- Ausdehnung des Wasserversorgungsbereiches,
- Vorhandensein von Wasseraufbereitungsanlagen,
- Zugangsmöglichkeiten zu einer Probenahmestelle der Wasserressource.

In das Untersuchungsprogramm wurden Wasserressourcen aus 11 Regionen des Landes aufgenommen:

1. Kjustendil

2. Montana
3. Pazardzhik
4. Pernik
5. Plovdiv

die zweimal (2008 und 2009) beprobt wurden und

6. Vidin
7. Kardzhali
8. Sofia
9. Smoljan
10. Sliven

die einmal (2009) beprobt wurden.

Die letztendliche Entscheidung darüber, ob eine Probe an der ausgewählten Stelle auch tatsächlich entnommen wird, wurde vor-Ort über die Diskussion mit den regionalen Behörden bzw. den Wasserversorgungsunternehmen entschieden.

### 3 Untersuchungsmethoden

#### 3.1 Physikalische und chemische Untersuchungen

Die Wasserproben wurden auf folgende physikalisch-chemische Parameter hin untersucht: pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Trübung.

##### 3.1.1 pH-Wert

Der pH-Wert gibt die Wasserstoffionenkonzentration des Gewässers an und wird im Wesentlichen durch die Puffereigenschaften des Wassers aufgrund des Carbonatgehaltes sowie den Gehalt an organischen und mineralischen Inhaltstoffen bestimmt. Der pH-Wert eines Wasserkörpers ist ein kurzfristig relativ stabiler Parameter. Schwankungen weisen daher auf unübliche Gegebenheiten hin. Leitwerte für pH-Werte werden z.B. in der Verordnung 12/2002 (in Umsetzung der EC-Richtlinie 75/440) für die Oberflächenwasserkategorien A1 (pH 6,5 - 8,5) A2 und A3 (pH 5,5 – 9,0) dargestellt. Gemäß TrinkwV bzw. den Anforderungen an die Grundwasserqualität wird ein pH-Wert im Bereich von 6,5 bis 9,5 angegeben.

Das pH-Meter Hanna Instruments model Combo HI 98129 wurde für die Messungen des pH-Wertes der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit genutzt (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1.** Parameter und technische Kenngrößen Model Combo HI 98129

Kenngröße	Messbereich	Auflösung	Genauigkeit
Temperatur	0 – 60 °C	0,1 °C	± 0,5 °C
pH-Wert	0 – 14	0,01	± 0,05
Elektrische Leitfähigkeit	0 – 3999 µS/cm	1 µS/cm	± 2 %

### 3.1.2 Elektrische Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit eines Gewässers wird im Wesentlichen bestimmt durch den Ionengehalt von Magnesium, Calcium, Kalium und Natrium sowie Chlorid, Sulfat, Hydrogencarbonat und Nitrat. Die Messung der Leitfähigkeit zeigt somit die Fähigkeit eines Wassers an, elektrischen Strom zu leiten. Die Leitfähigkeit von Flüssen wird bestimmt durch die Geologie der Landschaft, durch die der Fluß fließt bzw. die Aufnahme o.b. Ionen. Verunreinigungen des Wassers durch Abfälle können ebenfalls die Leitfähigkeit, z.B. durch die Präsenz von Chloriden, Phosphaten und Nitraten, erhöhen. Schwankungen der Leitfähigkeit eines Wassers können somit ev. mögliche Kontaminationen anzeigen, aber auch auf Mischwässer hinweisen. Die nationale Verordnung 12/2002 gibt als Leitwert für alle Oberflächenwasserkategorien (A1, A2 und A3) eine Leitfähigkeit von 1000 µS/cm (20 °C) an.

Die Leitfähigkeit für Trinkwasser wird in der Verordnung 9/2001, die für Grundwasser in der Verordnung 1/2007 mit 2000 µS/cm (20 °C) angegeben.

### 3.1.2 Trübung

Die Trübung wird durch sogenannte Trübstoffe wie feinste Partikel oder sonstige unlösliche suspendierte Stoffe im Wasser verursacht. Die Trübung von Oberflächengewässern wird insbesondere durch Wetterereignisse wie Starkregen, Schneeschmelze u.ä. hervorgerufen. Sie gilt weniger als ein Maß von fäkalen Verunreinigungen, aber u.U. als Indikator für möglicherweise erhöhte Konzentrationen von pathogenen Mikroorganismen, z.B. auch von Oo/Cysten.

Um die Trübung eines Wassers zu entfernen, sind entsprechende Reinigungsstufen im Wasserwerk (Fällung / Flockung / Sedimentation oder Flotation) vorzuhalten.

Die meisten Grundwässer haben naturgemäß relativ stabil sehr niedrige Trübungseigenschaften. Abweichungen hiervon zeigen Handlungsbedarf in Form weitergehender Reinigungsstufen (s.o.) im Wasserwerk an.

Die Trübung wurde mit der Trübungssonde Hanna Instruments Model HI 93703 gemessen (vgl. Tabelle 2).

**Tabelle 2.** Parameter und technische Kenngrößen Model HI 93703

Kenngröße	Messbereich	Auflösung	Genauigkeit
Trübung	0 – 1000 FTU <sup>4</sup>	0,01 – 1 FTU	± 0,5 FTU oder ± 5% der Messung

## 3.2 Bakteriologische Parameter

Die Wasserproben wurden auf die bakteriologischen Parameter Coliforme (TC), E.coli, Enterokokken und sulfitreduzierende Clostridien untersucht.

Die Proben wurden dazu in sterile Flaschen abgefüllt und gekühlt kurzfristig an die Laboratorien zur Untersuchung übergeben. Im Labor wurden entsprechende Kultivierungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Form von MPN (most probable number) oder KBE (koloniebildende Einheiten) pro 100 ml ausgedrückt.

Für die Detektion sulfitreduzierender Clostridien wurde die Membranfiltration eingesetzt und das Ergebnis als koloniebildende Einheiten (KBE bzw. CFU – colony forming units) pro 100 ml ausgedrückt.

### 3.2.1 Total Coliforme (TC) und E.coli

*E.coli* liegt hoch konzentriert in tierischen und menschlichen Fäkalien vor. Es kann in unbehandelten und behandelten Abwässern sowie in jeglicher Erde gefunden werden, die durch Menschen, Landwirtschaft, Tiere oder Vögel fäkalisch kontaminiert wurde. Da Tiere Krankheitserreger übertragen können, die für Menschen schädlich sind, wird das Vorhandensein von E.coli oder thermoresistenter coliformer Bakterien mit der Annahme, dass das Wasser fäkal kontaminiert oder unzureichend behandelt wurde, in Verbindung gebracht (WHO, 2008).

Die gesamte Gruppe der coliformen Bakterien wurde durch moderne taxonomische Methoden als heterogen definiert. Diese umfasst laktose-vergärende Bakterien, die in Fäkalien, der Umgebung (in nährstoffreichen Gewässern, Erde, verfaulem Pflanzenmaterial) und in Trinkwasser mit hohen Nährstoffkonzentrationen gefunden werden, als auch Arten, die fast nie in Fäkalien gefunden werden und sich in Trinkwasser guter Qualität vermehren können. Aufgrund der Existenz nicht-fäkaler und

---

<sup>4</sup> NTU = FTU

laktose-negativer coliformer Bakterien wird die Rolle dieser Bakteriengruppe als Indiz für fäkale Kontamination stark eingeschränkt und kann folglich nicht immer mit der Existenz fäkaler Kontamination oder Krankheitserreger in Verbindung gebracht werden. Die Entdeckung coliformer Bakterien in aufbereitetem Wasser deutet auf eine unzulängliche Behandlung, eine Kontamination nach der Behandlung oder das Vorhandensein überschüssiger Nährstoffe hin (WHO, 2008).

Die Parameter der Summe der coliformen Bakterien und *E.coli* wurden gem. Trinkwasserverordnung untersucht mit dem Ergebnis MPN / 100 ml.

### 3.2.2 Enterokokken

Der Ausdruck Fäkalstreptokokken bezieht sich grundsätzlich auf Streptokokken, die im *Faeces* von Mensch und Tier vorkommen, nämlich Enterokokken und Streptokokken. Die meisten der Enterokokken Spezies im Wasser entstammen fäkalen Verunreinigungen und können grundsätzlich als auf menschliche Verunreinigungen zurückzuführen betrachtet werden, obwohl sie auch aus Tierfäkalien isoliert werden. Fäkalstreptokokken sind wesentlich persistenter als *E.coli* oder coliforme Bakterien in der Umwelt. Er gilt daher als Indikator für die Effizienz der Wasseraufbereitung im Wasserwerk (WHO, 2008).

Der Parameter Enterokokken wurde gem. Trinkwasserverordnung untersucht mit dem Ergebnis MPN / 100 ml.

### 3.2.3 Sulfitreduzierende Clostridien

Sulfit-reduzierende Bakterien sind anaerobe, sporenbildende Organismen. Das charakteristischste *Clostridium perfringens* kann meistens in Fäkalien gefunden werden, jedoch in geringerer Konzentration als *E.coli*. Sie sind nicht ausschließlich fäkalen Ursprungs und können auch in anderen Milieus gefunden werden. Clostridische Sporen können länger als andere Organismen in Wasser verbleiben und sind resistent gegen Desinfektion. Ihr Vorhandensein in desinfiziertem Wasser könnte folglich ein Anzeichen für nicht ausreichende Desinfektionsmethoden sein oder könnte darauf hindeuten, dass resistente Krankheitserreger durch die Desinfektion nicht geschädigt wurden. Sie werden aufgrund ihrer Langlebigkeit als Indikatoren für eine unbeständige oder vergangene Verschmutzung gesehen, sie können folglich auch noch lange Zeit nach Auftreten der Verschmutzung gefunden werden (WHO, 2008).

Sulfitreduzierende Clostridien wurden über Membranfiltration gem. Trinkwasserverordnung untersucht mit dem Ergebnis KBE / 100 ml.

### 3.2.4 Evaluationskriterien

Zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität der untersuchten Wässer wurden Leitwerte für die drei Oberflächenwasserkategorien herangezogen, wie sie in der Bulgarischen Vorschrift 12/2002 (als Umsetzung der Europäischen Direktive 75/440/EEC) „Qualität von Oberflächengewässern, die für die Trinkwasserversorgung genutzt werden“ beschrieben sind. Die Kriterien sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

**Tabelle 3.** Evaluationskriterien der mikrobiologischen Parameter gem. Vorschrift 12/2002

Parameter	Einheit	Empfehlungswerte		
		Kategorie A1	Kategorie A2	Kategorie A3
Total coliforme (37 °C)	/100 ml	50	5.000	50.000
Faecal coliforme	/100 ml	20	2.000	20.000
Faecal streptococci	/100 ml	20	1.000	10.000

Der Anhang 2 der Vorschrift 12/2002 beschreibt Standardmethoden für die Behandlung von Oberflächengewässern der Kategorien A1, A2 und A3, um Trinkwasserqualität zu erreichen. Sie beinhalten:

- A1. Einfache physikalische Behandlung und Desinfektion, z.B. Schnellfiltration und Desinfektion,
- A2. Normale physikalische und chemische Behandlung sowie Desinfektion, z.B. Vorchlorierung, Fällung/Flockung, Sedimentation oder Flotation, Schnellfiltration und Desinfektion
- A3. Intensive physikalische und chemische Behandlung, weitere Behandlung und Desinfektion, z.B. *Break point*-Chlorierung, Fällung/Flockung, Sedimentation oder Flotation, Schnellfiltration, Absorption über Aktivkohle und abschließende Desinfektion über Chlor oder Ozon.

Zur Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Grundwasserressourcen wurden die Kriterien der nationalen Verordnung 1/2007 zur Beurteilung, Verwendung und zum Schutz von Grundwasser (als nationale Umsetzung der Richtlinie 2006/117/EG herangezogen, die die Werte der bulgarischen Trinkwasserverordnung (Regulation 9/2000 bzw. Direktive 98/83/EC) widerspiegeln.

### 3.3 Anreicherung und Nachweis von *Cryptosporidium* Oocysten und *Giardia* Cysten aus Wasserproben

Alle Wasserproben wurden im Labor auf die parasitologischen Parameter *Giardia* und *Cryptosporidien* untersucht. Die Probenahmen und Laboruntersuchungen erfolgten gem. dem Internationalem Standard Protocol ISO 15553 “Water quality – Isolation and identification of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts from water”.

Hierzu erfolgte bei den Probenahmen eine erste Aufkonzentrierung durch Filta-Max Foamfilter entsprechend den Anleitungen des Herstellers IDEXX Laboratories. Die Filta-Max Module haben eine nominale Porenbreite von 1 µm und die Fähigkeit, bei einem Volumenstrom von 3 bis 4 Liter pro Minute 10 bis 1000 Liter Wasservolumen zu filtrieren. In Abhängigkeit von der Trübung des Wassers werden ca. 20 bis 100 Liter entsprechend den Anweisungen des Herstellers vor-Ort filtriert (vgl. Bild 1). Bis zur Übergabe an das Labor werden die Wasserproben bei ca. 4 – 5 °C im Dunkeln gelagert. Gleichzeitig wurden 10 Literproben für das Labor gezogen.



**Bild 1.** Beispiel einer Probenahme des Wassers über Filta-Max Foamfilter

Zur Qualitätssicherung der Analysen wurde die interne Kontrolle ColorSeed (BTF, Australien) angewendet. ColorSeed enthält x100 gamma-bestrahlte, mit Fluorochrom dauerhaft colorierte Oo/Cysten von *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia*, die, im Vergleich mit natürlich vorkommenden Oo/Cysten, unter dem Texas Rotfilter in Rot fluoreszieren. Während des Surveys wurden die Batches B111, B117 und B120 benutzt.

Zwischen 48/72 Stunden nach den Probenahmen wurden die Proben zweimal mit einer Pufferlösung (PBS) mit 0,01% Tween 20 in der FiltaMax Station (Manuelle FiltaMax-Station IDEXX) gewaschen. Die zweite Aufkonzentrierung der Proben wird

über eine Zentrifuge (Multifuge 1L, Heraeus) des Eluats bei 1100 x g über 15 Minuten erreicht. Die weitere Aufkonzentrierung und Reinigung der Proben wird, entsprechend den Anweisungen von Dynal, über eine immunomagnetische Separation erreicht. Durch das Reagenz (Dynabeads GC-Combo - Invitrogen Dynal AS, Oslo, Norway) wird eine gleichzeitige und effektive Isolation von Oo/Cysten in den Proben erreicht.

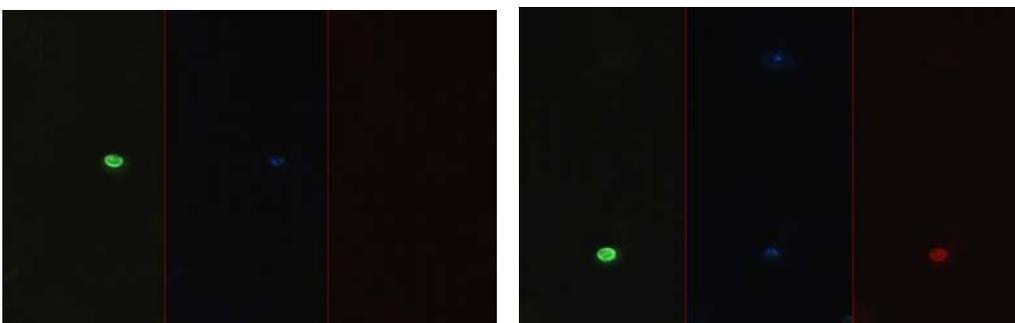
Die behandelten Proben wurden anschließend für die mikroskopische Untersuchung durch FITC markierte Antikörper (EasyStain, BTF, Australien) und Vitalfärbung mit DAPI präpariert. EasyStain ist ein Gemisch von FITC-konjugierten IgG<sub>1</sub> monoklonalen Antikörpern, die sich spezifisch an *Cryptosporidium* und *Giardia* Oo/Cysten binden. Die mit EasyStain behandelten Oo/Cysten erscheinen unter dem FITC Filter des Mikroskops als deutlich grüne Objekte. Die Batches B67 und B73 wurden für die Surveys benutzt.

Die mikroskopischen Untersuchungen wurden mit einem Fluoreszenzmikroskop Axio Imager A1 der Fa. Zeiss durchgeführt. Die Oo/Cysten wurden bei einer 200-fachen Vergrößerung und dem FITC Filterset detektiert. Die Bestätigung erfolgte und 400-facher Vergrößerung und zusätzlicher Nutzung des DAPI-Filterset. Die Fluoreszenz der internen Kontrolle von ColorSeed Organismen erfolgte durch das Texas Red filter (vgl. Bilder 2 und 3).

Die Kenngrößen der benutzten Filtersets lauten:

- EX BP 450 – 490 nm; BS FT 510 nm, EM LP 515 nm – für FITC
- EX G 365 nm, BS FT 395 nm, EM LP 420 nm - für DAPI
- EX BP 530 – 585 nm, BS FT 600 nm, EM LP 615 nm – für Texas Red

Die Software AxioVision 4.7 (Zeiss) wurde für die Messungen und die Dokumentation genutzt.



**Bilder 2 und 3.** Beispiele für natürlicherweise vorkommende (Bild 2) und ColorSeed behandelte (Bild 3) *Cryptosporidium* Oocysten betrachtet unter FITC, DAPI und Texas Red (x 400)

### 3.4 Vitalfärbung mit DAPI

Zum Nachweis der Vitalität der Oo/Cysten wurden Vitalfärbungen mit 4'6-Diamidino-2-phenyl-indol (DAPI) durchgeführt. Die DAPI-Lösung wurde durch 50 µl DAPI (2 mg DAPI / 1 ml Methanol) auf 50 ml PBS erzeugt.

Dieser Farbstoff färbt Nukleinsäuren der DNS an und bei UV-Anregung mit den o.b. Filtern fluoresziert DAPI blau. Jedoch lassen sich bei einem Nachweis der Vitalität der Organismen keine Rückschlüsse auf die Infektiösität der Organismen ziehen.

### 3.5 Untersuchungszeitraum

Die Untersuchungen wurden in zwei Perioden durchgeführt.

Die erste Probenahmekampagne wurde im Herbst und Winter 2008 von Oktober 2008 bis Dezember nach einer langen Trockenperiode durchgeführt. In einigen Fällen erfolgte die Probenahme bei Schneefall bzw. leichten Vereisungen.

Die zweite Probenahmekampagne erfolgte im Frühjahr bis Sommer 2009. Grundsätzlich kann die Periode als nass – nach der Schneeschmelze oder während / nach schweren Regengüssen – bezeichnet werden.

Die Probenahmestellen, -daten und die allgemeinen klimatischen bzw. Wetterbedingungen während der Probenahme sind in Tabelle 4 beschrieben.

**Table 4.** Wetterbeobachtungen während der Probenahmen

Nr	Region / Probenahmestelle	2008 Probenahmekampagne			2009 Probenahmekampagne		
		Proben Nr.	Datum	Wetter	Proben Nr.	Datum	Wetter
	<b>Pernik</b>						
1	Bach M.Gorskija	1	28.10.2008	trocken	-	-	-
2	PS Krasava	2	28.10.2008	trocken	26	09.04.2009	nass
3	Fluß Kladschka	3	29.10.2008	trocken	28	08.04.2009	nass
4	WW Studena	4	29.10.2008	trocken	25	08.04.2009	nass
5	Fluß Struma	5	29.10.2008	trocken	27	08.04.2009	nass
	<b>Kjustendil</b>						
6	Fluß Vodenichnitsa	6	03.11.2008	trocken	29	13.04.2009	nass
7	WW Zhilenci	7	03.11.2008	trocken	30	13.04.2009	nass
8	Fluß Bistriza	8	04.11.2008	trocken	31	14.04.2009	nass
9	PS Djakovo	9	04.11.2008	trocken	32	14.04.2009	nass
	<b>Montana</b>						

Nr	Region / Probenahmestelle	2008 Probenahmekampagne			2009 Probenahmekampagne		
		Proben Nr.	Datum	Wetter	Proben Nr.	Datum	Wetter
10	Kasa Fluß	10	17.11.2008	trocken	34	21.04.2009	nass
11	Golajama Fluß	11	17.11.2008	trocken	35	21.04.2009	nass
12	Fluß Shabovitsa	12	18.11.2008	trocken	33	21.04.2009	nass
13	Fluß Cherna	13	18.11.2008	trocken	-		
14	WW Slatina	14	19.11.2008	trocken	36	22.04.2009	nass
	<b>Pazardzhik</b>						
15	WW Velingrad	15	01.12.2008	trocken	41	01.06.2009	nass
16	Bistrishka Ableitung 12	16	01.12.2008	trocken	39	01.06.2009	nass
17	Bistrishka Ableitung 11	-	-	-	40	01.06.2009	nass
18	Fluß Bezimenna	17	02.12.2008	trocken	42	02.06.2009	nass
19	WW Panagjuriste	-	-	-	45	02.06.2009	nass
20	Uferfitrat L.Jana	18	02.12.2008	trocken	44	03.06.2009	nass
21	Fluß L.Jana	19	02.12.2008	trocken	43	03.06.2009	nass
	<b>Plovdiv</b>						
22	Fluß Pepelasha	20	15.12.2008	nass	47	08.06.2009	nass
23	Quelle (Tzar Kalojan)	21	15.12.2008	trocken	48	09.06.2009	nass
24	Fluß Tamreshka	22	15.12.2008	trocken	49	09.06.2009	nass
25	WW Laki	23	16.12.2008	trocken	46	08.06.2009	nass
26	Fluß Chinar dere	24	16.12.2008	trocken	-	-	-
	<b>Vidin</b>						
27	Fluß Stakevska	-	-	-	37	27.04.2009	nass
28	Fluß Golema (Chouprene)	-	-	-	38	27.04.2009	nass
	<b>Lovech</b>						
29	Fluß Cherni Osam	-	-	-	50	16.06.2009	nass
30	Fluß Kraevitsa	-	-	-	51	16.06.2009	nass
31	Fluß Vartjashka	-	-	-	52	16.06.2009	nass
32	Fluß Bolovandzhika	-	-	-	53	17.06.2009	nass
33	Fluß Bresnishka Laka	-	-	-	54	17.06.2009	nass
	<b>Sofia</b>						
34	Fluß Krajna	-	-	-	55	29.06.2009	nass
35	Fluß Ibar	-	-	-	56	29.06.2009	nass
36	Fluß Iskretska, Quelle Pesta	-	-	-	57	29.06.2009	nass
37	Quelle Tchesmeto	-	-	-	58	29.06.2009	Nass

Nr	Region / Probenahmestelle	2008 Probenahmekampagne			2009 Probenahmekampagne		
		Proben Nr.	Datum	Wetter	Proben Nr.	Datum	Wetter
	<b>Kardzhali</b>						
38	Quelle Beli kamak	-	-	-	59	06.07.2009	nass
39	Quelle Beli kamak, Schachtbrunnen	-	-	-	60	06.07.2009	nass
40	Quelle Bjalo pole	-	-	-	61	06.07.2009	nass
41	Entwässerung Shiroko pole	-	-	-	62	07.07.2009	nass
42	Entwässerung Perperek	-	-	-	63	07.07.2009	nass
43	Quelle Miladinovo	-	-	-	64	07.07.2009	nass
	<b>Smoljan</b>						
44	WW Prevala	-	-	-	65	13.07.2009	nass
45	WW Hubtcha	-	-	-	66	13.07.2009	nass
46	Fluß Iskrez	-	-	-	67	14.07.2009	nass
47	PS Krajna	-	-	-	68	14.07.2009	nass
48	Quelle Sveti duch	-	-	-	69	15.07.2009	nass
	<b>Sliven</b>						
49	Fluß Magareshka	-	-	-	70	20.07.2009	trocken
50	reservoir Asenovez	-	-	-	71	20.07.2009	trocken
51	Fluß Asenovska	-	-	-	72	20.07.2009	trocken
52	CWS Tvardiza	-	-	-	73	21.07.2009	trocken
53	Fluß Domus dere	-	-	-	74	21.07.2009	trocken

PS = Probenahmestelle; - = keine Probenahme in 2008 oder 2009

## 3.6 Untersuchungsobjekte und Probenahmestellen

### 3.6.1 Untersuchungsobjekte

*Cryptosporidien* sind parasitäre Protozoen, die gastrointestinale Erkrankungen beim Menschen hervorrufen und stellen somit ein signifikantes Risiko der öffentlichen Gesundheit dar. *Cryptosporidium* Oocysten gelangen in Oberflächengewässer insbesondere durch fäkalisches Verunreinigungen von infizierten Menschen und Tieren. Die Oocysten sind sehr resistent gegenüber den üblichen Desinfektionsmitteln, sie können auch in der nichtaquatischen Umwelt sehr lange überleben und werden z.B. durch Regenfälle wieder mobilisiert (abgewaschen).

*Cryptosporidium* ist ein ovaler, intrazellulärer Parasit. Der Genus weist eine Anzahl verschiedener Arten auf, *C. parvum* und *C. hominis* werden mit den meisten menschlichen Infektionen in Verbindung gebracht. Viele Tiere stellen Herde für *Cryptosporidium* dar. Menschen und junge Tiere (Kühe, Schafe, Ziegen, Schweine und Pferde) sind diesbezüglich die wichtigsten Herde. *Cryptosporidium* kommt auch in Tieren wie Rehe, Hasen, Ratten, Mäuse und Eichhörnchen vor. Oocysten werden mit Fäkalien ausgeschieden. Sie können einige Wochen bis Monate in frischem Wasser überleben und wurden schon in vielen Trinkwasserquellen gefunden. *Cryptosporidium* Oocysten befinden sich vor allem in Oberflächenwasser aufgrund menschlicher und tierischer Kontamination.

*Cryptosporidium* wird fäkal-oral übertragen, wobei die direkte Übertragung zwischen zwei Personen am häufigsten auftritt. Zu weiteren möglichen Formen dieser Übertragung zählen der Konsum kontaminierter Lebensmittel/ kontaminierten Wassers und ein direkter Kontakt mit infizierten Tieren. Einige Studien kommen zu dem Schluss, dass die Aufnahme von weniger als 10 Oocysten bereits zu Infektionen führen kann. Viele Infektionen werden mit verschmutztem Trinkwasser assoziiert. Oocysten sind sehr resistent gegen gebräuchliche chlorhaltige Desinfektionsmittel, können lange Zeit in der Umwelt verbleiben und durch Niederschlag mobilisiert werden (WHO, 2008) (King & Monis, 2007).

*Giardia* spp. sind flagellierte Protozoa, die im Gastrointestinaltrakt von Menschen und einigen Tieren vorkommen. Der Genus *Giardia* umfasst eine Anzahl von Arten, aber menschliche Infektionen werden meistens durch *G. intestinalis* hervorgerufen (auch bekannt als *G. lamblia* oder *G. duodenalis*).

*Giardia* kann sich in Menschen und einer Reihe von Tieren, die Cysten ausscheiden, vermehren. Es stellt einen häufig vorkommenden Parasiten bei Nutztieren, vor allem Kälbern und Lämmern, dar. Die Cysten werden phasenweise, jedoch in hoher Konzentration, ausgeschieden, und können einige Monate in frischem Wasser überleben. Das Vorhandensein von Cysten in Rohwasser und Trinkwasser wurde bestätigt. Die Auswirkungen auf die Umwelt werden mit dem Abscheiden von Fäkalien, Kanalisationstechniken und der Entsorgung von öffentlichen Abwässern in Verbindung gebracht. *Giardia* Cysten sind resistenter gegen chlorhaltige Desinfektionsmittel als enterische Bakterien, aber weniger resistent als *Cryptosporidium* Oocysten. In der u.a. Tabelle werden die Hauptcharakteristiken der beiden Parasiten wie bei der WHO angegeben zusammengefaßt (vgl. Tabelle 5) (WHO, 2008).

**Tabelle 5.** Trinkwasserrelevanz von *Giardia intestinalis* und *Cryptosporidium parvum* gemäß WHO

Charakteristiken	<i>Giardia intestinalis</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>
Gesundheitliche Signifikanz*	hoch	hoch
Persistenz in Wasser	moderat (zwischen Wochen und ca. 1 Monat)	lange (über 1 Monat)
Resistenz gegenüber Chlor (pH 7-8, 20 °C)	hoch (Kontaktzeit größer 30 Minuten)	hoch (Kontaktzeit größer 30 Minuten)
Relative infektiöse Dosis	niedrig (1 – 10 <sup>2</sup> Cysten)	niedrig (1 – 10 <sup>2</sup> Oocysten)

\*Gesundheitlichen Signifikanz bezogen auf den Schweregrad der Wirkung einschließlich des Ausbruchs der Erkrankung

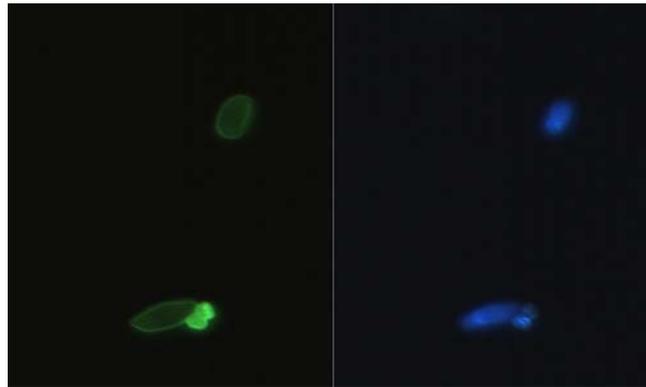
Die nachfolgend genannten Kriterien sind für die Identifikation der Oocysten bzw. Cysten bei den Untersuchungen am Mikroskop relevant:

*Cryptosporidium* Oocysten (vgl. Bild 4)

- Hellgrüne Randfluoreszenz,
- kreisrunde bis leicht ovale Form,
- Zelldurchmesser 4 – 6 µm,
- Intensiv blaue Färbung bzw. bis zu 4 klar wahrnehmbar und himmelblau gefärbte Kerne.

*Giardia* Cysten (vgl. Bild 4)

- Hellgrüne Randfluoreszenz,
- ovale Form,
- Länge der Zellen 8 – 18 µm, Breite 5 -15 µm,
- Intensiv blaue Färbung bzw. bis zu 2 - 4 klar wahrnehmbar und himmelblau gefärbte Kerne.



**Bild 4.** Beispiele von Cryptosporidium and Giardia (Oo)cysts (x 400) betrachtet unter FITC und DAPI Filtern

### 3.6.2 Probenahmestellen

Beprobt wurden ausschließlich Rohwässer von Oberflächen- und Grundwasserressourcen. Soweit möglich und in den meisten Fällen wurden die Proben dort entnommen, wo auch die entsprechenden Entnahmestellen für die Trinkwassergewinnung sich befinden. Die Proben von Talsperren wurden entweder am Wasserwerkseingang oder an einer Pumpstation, die der gegenwärtigen Entnahmetiefe in der Talsperre entsprach, entnommen (vgl. auch [Kapitel 3.5](#)).

Die Grundwasserproben wurden an der Fassung bzw. dem Sammelbehälter des WW entnommen.

Mischwasserproben wurden nur entnommen, soweit keine Zugangsmöglichkeiten zu den einzelnen Wasservorkommen möglich war.

Folgende Kategorien von Oberflächengewässern wurden beprobt:

- 14 Flußgewässer, die direkt zur Trinkwasserversorgung genutzt werden,
- 12 Flußgewässer, die nach einer Aufbereitung für Trinkwasser genutzt werden,
- 5 Zuflüsse zu Talsperren,
- 2 Talsperren, die direkt zur Trinkwasserversorgung genutzt werden,
- 3 Talsperren, die nach einer Aufbereitung für Trinkwasser genutzt werden,
- 2 Flußgewässer, die Zuläufe zu Wasserversorgungsanlagen beschicken
- 1 Flußgewässer, das nicht für die Trinkwasserversorgung genutzt wird.

Weiterführend wurden Grundwässer wie folgt beprobt:

- 6 Quellen, die direkt zur Trinkwasserversorgung genutzt werden,
- 1 Quelle, die nach einer Aufbereitung für Trinkwasser genutzt wird,
- 3 Drainagen, die nach der Bodenpassage für Trinkwasser genutzt werden,

- 1 Schachtbrunnen
- 1 Probe wurde aus einem Mischwasser aus Quellwasser und Wasser aus einem Schachtbrunnen gezogen.

Ein geringer Anteil der Probenahmestellen wird mit gemischten Wässern aus Oberflächen- und Grundwasser gespeist:

- 2 Proben wurden aus Quell- und Fluß-Mischwasser gezogen, wovon ein nicht direkt für die Trinkwasserversorgung genutzt wird.

Die genaue Beschreibung der Probenahmepunkte bzw. – Orte, ihre Relation zu den entsprechenden Wasserkörpern oder Behandlungsanlagen (Wasserwerken) und den genommenen Proben wird in der Tabelle 6 gegeben.

**Tabelle 6.** Beschreibung der Probenahmeorte und -punkte

Nr.	Verwaltungsregion / Probenahmepunkt	Wasserkörper / Wasserwerk	Art der Wasserprobe	2008/ Probe-Nr.	2009/ Probe-Nr.
<b>Pernik</b>					
1	Bach M.Gorskija am Dorf Krasava	Einlauf zum Krasava Stausee	Oberflächenwasser	1	-
2	Pumpstation Krasava am WW Breznik	Krasava Stausee	gemischtes Oberflächenwasser	2	26
3	Fluß Kladnischka am Dorf D.Hill	Einlauf zum Studena Stausee	Oberflächenwasser	3	28
4	WW Studena	Studena Stausee	gemischtes Oberflächenwasser	4	25
5	Fluß Struma am Dorf Bosnek	Einlauf zum Studena Stausee	Oberflächenwasser	5	27
<b>Kjustendil</b>					
6	Fluß Vodenichnitsa an der Entnahmestelle	Einlauf zum WW Zhilenci	Oberflächenwasser	6	29
7	WW Zhilenci	Fluß	gemischtes Oberflächenwasser	7	30
8	Fluß Bistriza an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle; Einlauf zum Djakovo Stausee	Oberflächenwasser	8	31
9	PS Djakovo	Djakovo Stausee	gemischtes Oberflächenwasser	9	32
<b>Montana</b>					
10	Kasa Fluß an der	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	10	34

Nr.	Verwaltungsregion / Probenahmepunkt	Wasserkörper / Wasserwerk	Art der Wasserprobe	2008/ Probe- Nr.	2009/ Probe-Nr.
	Entnahmestelle				
11	Golajama Fluß an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	11	35
12	Fluß Shabovitsa am Entlastungsschacht	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	12	33
13	Fluß Cherna im Dorf G.Ozirovo	wird nicht zu Trinkwasserzwecken genutzt	Oberflächenwasser	13	-
14	WW Slatina	Stausee Srechenska bara	gemischtes Oberflächenwasser	14	36
<b>Pazardzhik</b>					
15	WW Velingrad	Ableitungen 11 und 12	gemischtes Oberflächenwasser	15	41
16	Bistrishka Ableitung 12	Einlauf zum WW Velingrad	Oberflächenwasser	16	39
17	Bistrishka Ableitung 11	Einlauf zum WW Velingrad	Oberflächenwasser	-	40
18	Fluß Bezimenna an der Entnahmestelle	Einlauf zum WW Panagjuriste	Oberflächenwasser	17	42
19	WW Panagjuriste	Fluß Bezimenna	Oberflächenwasser	-	45
20	Ablauf L.Jana am Entlastungsschacht	unabhängige Quelle	Grundwasser	18	44
21	Fluß L.Jana	Einlauf zum Ablauf L.Jana	Oberflächenwasser	19	43
<b>Plovdiv</b>					
22	Fluß Pepelasha an der Entnahmestelle	Einlauf zum WW Studenetz	Oberflächenwasser	20	47
23	Quelle am Dorf Tzar Kalojan	unabhängige Quelle	Grundwasser	21	48
24	Fluß Tamreshka am WW Hrabrino	Einlauf zum WW Hrabrino	Oberflächenwasser	22	49
25	Fluß Krushovska am WW Laki	Einlauf zum WW Laki	Oberflächenwasser	23	46
26	Fluß Chinar dere	Einlauf zum Ablauf Ch.dere	Oberflächenwasser	24	-

Nr.	Verwaltungsregion / Probenahmepunkt	Wasserkörper / Wasserwerk	Art der Wasserprobe	2008/ Probe- Nr.	2009/ Probe-Nr.
<b>Vidin</b>					
27	Fluß Stakevska an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	37
28	Fluß Chouprene an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	38
<b>Lovech</b>					
29	Fluß Cherni Osam an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	50
30	Fluß Kraevitsa an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	51
31	Fluß Vartjashka an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	52
32	Fluß Bolovandzhika an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	53
33	Fluß Bresnishka Laka an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	54
<b>Sofia</b>					
34	Fluß Krajna an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	55
35	Fluß Ibar an der Entnahmestelle	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	56
36	Fluß Iskretska an der Quelle Pesta*	unabhängige Quelle	gemischtes Oberflächen- and Grundwasser	-	57
37	Quelle Tcheshmeto am Wasserfang	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	58
<b>Kardzhali</b>					
38	Quelle Beli kamak am Wasserfang	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	59
39	Quelle Beli kamak und Schachtbrunnen am Sammelbecken	unabhängige Quelle	gemischtes Grundwasser	-	60
40	Quelle Bjalo pole am Wasserfang	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	61
41	Ablauf Shiroko pole am Auffangbecken	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	62

Nr.	Verwaltungsregion / Probenahmepunkt	Wasserkörper / Wasserwerk	Art der Wasserprobe	2008/ Probe- Nr.	2009/ Probe-Nr.
42	Ablauf Perperek am Schachtbrunnen	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	63
43	Quelle Miladinovo am Wasserfang	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	64
<b>Smoljan</b>					
44	WW Prevala	Verschiedene Flüsse	gemischtes Oberflächenwasser	-	65
45	WW Hubtcha	Quelle Hubtcha	Grundwasser	-	66
46	Fluß Iskrež am Sammelbecken	unabhängige Quelle	Oberflächenwasser	-	67
47	Pumpstation Krajna am Schachtbrunnen	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	68
48	Quelle Sveti Duch am Wasserfang	unabhängige Quelle	Grundwasser	-	69
<b>Sliven</b>					
49	Fluß Magareshka	Einlauf zum Stausee Asenovez	Oberflächenwasser	-	70
50	Stausee Asenovez		Oberflächenwasser	-	71
51	Fluß Asenovska	Einlauf zum Stausee Asenovez	Oberflächenwasser	-	72
52	Tvardiza am Sammelbecken (Fluß Ziganska und eine Quelle)	unabhängige Quelle	gemischtes Oberflächen- und Grundwasser	-	73
53	Fluß Domus dere am Wasserwerk (WW)	Einlauf zum WW Shivatchevo	Oberflächenwasser	-	74

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Ergebnisse der Wasseruntersuchungen

#### 4.1.1 Untersuchungsstellen in der Region von Pernik

In der Region von Pernik wurden zwei große Wasserversorgungssysteme betrachtet – die Talsperren von Studena and Krasava – gemeinsam mit den die Talsperren speisenden Flüssen Kladnisha und Struma (zur Studena Talsperre) und dem Bach M.Gorskija (zur Krasava Talsperre). Diese Zuleitungen wurden durch die regionalen Behörden als potentielle Kontaminanten des Talsperrenwassers angesehen.

Während der beiden Probenahmekampagne – gegen Ende Oktober 2008 (Proben 1, 2, 3, 4 und 5) und zu Beginn des Aprils 2009 (Proben 25, 26, 27 und 28) wurden 9 Proben des Rohwassers an 5 Probenahmestellen entnommen (3 Flußgewässerproben und 2 Talsperrenwasserproben). Vier dieser Probenahmepunkte wurden 2-fach beprobt.

2009 wurde der Bach (Probe 1) wegen des sehr beschränkten Beitrages zum gesamten Wasserkörper der Talsperre nicht untersucht.

Die Talsperre Studena liegt am Struma Fluß und wird zusätzlich mit Wasser des Flusses Kladnisha und einer Anzahl von anderen kleinen Zuläufen aus dem Vitosha Gebirge, als auch den Kanälen Vladajski und Palakarijski, die Wasser aus dem Nachbarwasser-einzugsgebiet des Flusses Iskar einspeisen, versorgt.

Die Talsperre erhält auch einen Teil des Wassers der Quelle Vreloto. Die technischen Kenngrößen der Talsperre sind folgende:

- Gesamtvolumen = 25,2 Mio. m<sup>3</sup>, nutzbares Volumen = 22,8 Mio. m<sup>3</sup>,
- Maximale Tiefe = 53 m,
- Mittl. Verweildauer des Wassers = 360 Tage
- Wassereinzugsgebiet = 144 km<sup>2</sup>.

Eine Trinkwasserschutzzone ist eingerichtet. Die Aufbereitung des Wassers erfolgt im kontinuierlich arbeitenden Wasserwerk Studena (Probenahmestelle 4) mittels Schnellfiltration mit der Möglichkeit einer Flockungfiltration. Die Desinfektion erfolgt mittels Chlorgas. Das Rückspülwasser wird als Abwasser abgeleitet. Die maximale Kapazität des Wasserwerks liegt bei 800 L / Sekunde, im Durchschnitt werden 650 L / Sekunde erreicht. Das Wasserwerk versorgt ca. 100.000 Einwohnern.

Folgende Risikofaktoren wurden im Versorgungsgebiet des Struma Flusses (Probenahmeort 5) Probenahmestelle erkannt:

- Einleitung von unbehandelten häuslichen Abwässern (keine Kläranlage) vor dem Zulauf zum Stausee,
- Rohwasser zeigt starke Trübung und Färbung nach starken Regenfällen und der Schneeschmelze.

Als Risikofaktoren im Versorgungsgebiet des Kladnshka Flusses (Probenahmeort 3):

- Einleitung von unbehandelten häuslichen Abwässern vor dem Zulauf zum Stausee, eine Kläranlage befindet sich im Aufbau,
- Einleitung von unbehandelten häuslichen Abwässern (keine Kläranlage) vor dem Zulauf zum Stausee,
- Wildzucht und Weidevieh nahe dem Wasserkörper,
- Weidevieh entlang dem Wasserkörper,
- Rohwasser zeigt starke Trübung und Färbung nach starken Regenfällen und der Schneeschmelze.

Die Talsperre Krasava wird durch 3 Bäche gespeist. Einer von Ihnen ist M.Gorskija. Er bezieht aus Wasser des Bilinska Flusses, der der Hauptversorger über eine Anschlussleitung darstellt.

Die technischen Kenndaten der Talsperre Krasava sind folgende:

- Gesamtvolumen = 2,97 Mio. m<sup>3</sup>, nutzbares Volumen = 2,2 Mio. m<sup>3</sup>,
- Maximale Tiefe = 30 m,
- Mittl. Verweildauer des Wassers = 1080 Tage
- Wassereinzugsgebiet = 85 km<sup>2</sup>.

Eine Trinkwasserschutzzone ist eingerichtet. Die Aufbereitung des Wassers erfolgt im kontinuierlich arbeitenden Wasserwerk Breznik (Probenahmeort 2) mittels Sedimentation und Schnellfiltration mit der Möglichkeit der Ozonierung und chemischen Behandlung. Die Desinfektion erfolgt mittels Chlorgas. Die maximale Kapazität des Wasserwerks liegt bei 100 L / Sekunde, im Durchschnitt werden 40 L / Sekunde erreicht. Das Wasserwerk versorgt weniger als 10 000 Einwohnern.

Folgende Risikofaktoren wurden im Versorgungsgebiet des Baches M. Gorskia erkannt:

- Einleitung von unbehandelten häuslichen Abwässern (keine Kläranlage) vor dem Zulauf zum Stausee,

#### 4.1.1.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 7 dargestellt.

**Tabelle 7.** Qualität der Proben aus der Region Pernik bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort-Nr.	Probe Nr.	Probenahme ort	Total Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterkokken MPN/100 cm <sup>3</sup>	Sulfit-reduzierende Costridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> oocysts Anzahl/100 L	<i>Giardia</i> cysts Anzahl/100 L
1	1	Bach M.Gorskia	448	26	6	1	n.n.	n.n.
2	2	WW Breznik	< 1	< 1	< 1	< 1	n.n.	n.n.
	26		<1	<1	<1	<1	n.n.	n.n.
3	3	Fluß Kladnishka	> 2420	1986	172	7	n.n.	n.n.
	28		4200	3297	580	1700	n.n.	n.n.
4	4	WW Studena	-	-	-	-	n.n.	n.n.
	25		8	6	3	20	n.n.	n.n.
5	5	Fluß Struma	> 2420	534	787	15	n.n.	n.n.
	27		1120	102	96	150	n.n.	n.n.

“-“ Parameter wurde nicht analysiert

n.n. – nicht nachgewiesen

- Anwesenheit einer privaten Tierhaltung und Weidevieh nahe am Wasserkörper.

Die Proben aus der Trinkwasserversorgungsanlage (TWVA) Studena wurden im späten Herbst 2008 und im April 2009 genommen (Nr. 4 and 25). Nur die 2. Probe wurde auf mikrobiologische Parameter untersucht. Unter Hinzuziehung der Leitwerte der bulgarischen Regulierung 12/2002 entspricht die Wasserqualität der Kategorie A1. Die Anwesenheit der umweltresistenten sulfitreduzierenden Clostridien, die als Indikator für vergangene Verunreinigungen gelten, geben Anlass anzunehmen, dass Sie durch Schneeschmelze vom näheren Umfeld oder durch Sedimentmobilisierung hervorgerufen wurden.

Die einleitenden Flüsse in die Studena Talsperre, Kladnisha und Struma, sind mikrobiologisch kontaminiert und entsprechen somit der Kategorie A2. Es gibt zudem Hinweise fäkaler Kontaminationen während der beiden Probenahmeperioden durch die relativ hohe Anzahl der sulfitreduzierenden Clostridien. Dies korrespondiert auch mit den 2006/07 Monitoringdaten.

Alle Proben des Einzugsgebietes um die Studena Talsperre sind negativ hinsichtlich *Cryptosporidium* und *Giardia Oo/Cysten*.

Die Rohwasserqualität des Baches M.Gorskija (Probe 1) entspricht durch fäkale Kontaminationen (Konzentration von *E.coli* und *Enterokokken*) hinsichtlich der mikrobiologischen Parameter der Kategorie A2. Demgegenüber konnten keine *Cryptosporidien* und *Giardia Oo/Cysten* in den Proben nachgewiesen werden.

Während beider Probenahmeaktionen entsprach die mikrobiologische Qualität des Rohwassers am Wasserwerkseingang des WW Breznik (Krasava Talsperre) der Kategorie A1. Beide Proben waren hinsichtlich *Cryptosporidien* und *Giardia Oo/Cysten* negativ.

Wegen des relativ geringen Volumens die der Bach der Talsperre beiträgt, wurde kein nennenswerter Einfluß auf die Wasserqualität angenommen.

#### **4.1.1.2 Ergebnisse physikalischer Parameter**

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 8 zu entnehmen.

**Tabelle 8.** Qualität der in der Region Pernik entnommen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahme ort-Nr.	Probe-Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Trübung (NTU)	pH
1	1	Bach M.Gorskia	910	9.2	0	8.2
2	2	WW Breznik	396	13.5	0	8.3
	26		420	11.6	0.8	8.3
3	3	Fluß Kladnishka	118	13.2	28.5	8.3
	28		84	15.3	7.3	7.5
4	4	WW Studena	195	15.3	0	8.0
	25		196	10.0	6.2	8.3
5	5	Fluß Struma	420	16.0	0	8.4
	27		272	13.0	3.0	8.2

Die beiden Parameter Leitfähigkeit und pH-Wert sind bei allen Proben im Bereich der Anforderungen an Trinkwasser. Der jeweils niedrigere Wert bei der zweiten Probenahme kann auf Wetterveränderungen zurückgeführt werden.

Signifikant sind die Trübungswertveränderungen. Außer dem sehr hohen Wert bei der ersten Probenahme im Fluß Kladnishka können die allgemein hohen Trübungswerte während der zweiten Probenahme auf die Niederschläge in dieser Jahreszeit erklärt werden.

### **3.2.1.3 Gesamteinschätzung**

In der Region wurden ausschließlich Oberflächenwässerproben genommen. Die Probenahmeorte gaben Hinweise auf möglichen Einfluß durch menschliche oder tierische Aktivitäten bzw. durch Wetterereignisse hervorgerufene Qualitätseinbußen.

Die Ergebnisse der in der Pernikregion entnommenen Proben zeigen, dass die Flüsse zu beiden Messzeitpunkten mikrobiologisch kontaminiert waren und sogar Anzeichen einer fäkalen Kontamination aufwiesen. Dies entspricht den o.g. Risikofaktoren.

Im Gegensatz dazu weisen die untersuchten Talsperrenwässer eine gute mikrobiologische Qualität auf, die wahrscheinlich auf den größeren Wasserkörper bzw. Verdünnungseffekte und der Verweildauer des Wassers zurückzuführen ist.

Jenes Wasser wird zusätzlich einer Behandlung in der entsprechenden WW unterzogen und abschließend mittels Chlorgas desinfiziert, bevor es an den Konsumenten weitergeleitet werden kann. *Cryptosporidium* und *Giardia* Oo/Cysten konnten in keinen Proben von Oberflächenwasser in der Region Pernik gefunden werden.

#### 4.1.2 Untersuchungsstellen in der Region Kjustendil

Bei der Untersuchung der Region Kjustendil waren teilweise Wasserbereitstellungssysteme im Probenahmeplan enthalten, die der Versorgung größerer Gebiete mit Trinkwasser dienen. Zu diesen zählen Flüsse, die in das Wasserwerk Zhilenzi, das Djakovo Reservoir und den Fluß Bistritsa (vgl. [Bild 5](#)) leiten, ein Teil deren Wassers wird ebenfalls zum Djakovo Reservoir (vgl. [Bild 6](#)) geleitet.



**Bild 5.** Fluß Bistritsa



**Bild 6.** Reservoir Djakovo

In beiden Probenzeiträumen wurden in der Kjustendilregion insgesamt 8 Proben an 4 Orten entnommen, die 4 Proben wurden dabei jeweils doppelt entnommen. Die erste Probenentnahme (Proben 6, 7, 8 und 9) fand Ende Oktober 2008 nach einer langen Dürrephase statt. Die zweite Probenentnahme (Proben 29, 30, 31 und 32) wurde Mitte April 2009 nach Einsetzen der Schneeschmelze und/oder unter regnerischen Bedingungen durchgeführt.

Das Angebot an Trinkwasser ist in der Region durch das Vorhandensein mehrerer verstreuter Wasserbecken gekennzeichnet. Die Wasserentnahmeeinrichtung Vodenitchnitsa (Probenahmeort 6) ist 1000 m über den Meeresspiegel im Osogovskagebirge gelegen. Die wesentlichen Kenngrößen sind:

- Das Einzugsgebiet ist als Trinkwasserschutzzone ausgewiesen.
- Verschiedene Flußwässer dienen der Entnahme in das Wasserwerk Zhilentsi.

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet des Flußes Vodenitchnitsa identifiziert:

- nahegelegenes Jagdgebiet und Wildzuchtung;
- Vorhandensein von Weideland;

- Verschlechterung der Wasserqualität bezügl. Trübung und mikrobiologischer Parameter nach heftigen Regenfällen und Einsetzen der Schneeschmelze
- Das Wasserwerk Zhilentsi (Probenahmeort 7) entnimmt Wasser vom Fluß Vodenitchnitsa und von einer Anzahl weiterer Wasserentnahmeeinrichtungen (von den Flüssen Leva, Orlova, Mala reka, Radushka, Glogovska ect.).
- Aufbereitungstechnologie – zweistufig: Absetzbecken und drucklose Sandfilter.
- Desinfektion: Chlorgas
- Regime: kontinuierlich
- Maximale Kapazität des Wasserwerks - 250 L/sek.
- Durchschnittsvolumen, täglich – 288.000 L/Tag
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 30.000 Einwohnern

Den Daten des Befragungsbogens zufolge werden plötzliche Veränderungen der in das Wasserwerk gelangten Wassermenge bzw. Veränderungen der Trübung nur durch Pipelineschäden oder heftige Regenfälle in der betreffenden Region ausgelöst.

Die Wasserentnahmeeinrichtung Bistritsa (Probenahmeort 8) wird als Hauptwasserquelle der Region genutzt. Die Quelle befindet sich im Rilagebirge.

- Die Durchflußrate liegt bei 400 L/Sek, diese steigt jedoch auf bis zu 1000 L/Sek im Falle heftiger Regenfälle an
- Die überschüssige Wassermenge wird mittels Umleitung zum Djakovo reservoir geleitet
- Eine Trinkwasserschutzzone wurde ausgewiesen

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet des Flusses Bistritsa identifiziert:

- nahegelegenes Jagdgebiet und Wildzucht;
- Vorhandensein von Weideland;
- Verschlechterung der Wasserqualität bezügl. Trübung und mikrobiologischer Parameter nach heftigen Regenfällen und Einsetzen der Schneeschmelze;
- keine Aufbereitung des Trinkwassers.
- Desinfektion: Natriumhypochlorit (für eine Siedlung); Chlorgas (für die restlichen Besiedlungen).
- Versorgte Einwohner: weniger als 50.000

Die Talsperre Djakovo (Probenahmeort 9) wurde auf dem Fluß Drumska errichtet. Es wird durch die eigene Einlassöffnung, die Flüsse Bistritsa, Otovitsa, Fudina, Goritza, Kostanska bara, und durch das überschüssige Wasser der Dzhermanumleitung gefüllt.

Die Talsperre dient der landwirtschaftlichen Bewässerung, aber seit 1990 ist es auch zur Trinkwasserbereitstellung zugelassen. Die technischen Eigenschaften des Reservoirs sind wie folgt:

- Gesamtvolumen - 35.4 Mio. m<sup>3</sup>, nutzbares Volumen - 27.9 Mio. m<sup>3</sup>
- Maximale Tiefe - 57.34 m;
- Durchschnittliche Verweilzeit des Wassers - 4 Tage;
- Eine Trinkwasserschutzzone wurde ausgewiesen;
- Z.Zt. Keine Trinkwasseraufbereitung (WW geplant);
- Desinfektion über Chlorgas;
- Versorgte Einwohner – weniger als 50.000.

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet der Talsperre Djakovo identifiziert:

- Besiedlungen ohne Kanalisation in unmittelbarer Nähe des Einlaufs;
- Weidelandwirtschaft.

#### ***4.2.2.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen***

Die Ergebnisse bei Probenahmekampagnen in der Region sind in der Tabelle 9 dargestellt.

Im Zuge beider Probenentnahmen konnte gezeigt werden, dass die Proben der Flüsse und des gemischten Oberflächenwassers der WW Zhilentsi und des PS Djakovo der Kategorie A1 zugeordnet werden können, oder zumindest nur geringfügig kontaminiert sind. In diesem Fall konnten jedoch Zeichen einer fäkalen Kontamination erkannt werden (Vorhandensein von E.coli und Enterococcen in einigen Proben).

*Giardia*- Cysten wurden in keinen der beiden Probenentnahmen gefunden.

*Cryptosporidium* Oocysten wurden während der ersten Probenentnahme in keinen der beiden Oberflächenwasserproben gefunden.

Im Laufe des Jahres 2009 konnten Oocysten in drei Flußproben gefunden werden: Im Fluß Vodenichnitsa (4/100L), im gemischten Flußwasser der WW Zhilenci (3/100L) und im Fluß Bistriza (4/100L).

Diese Ergebnisse konnten mit methodologischen und/oder natürlichen Faktoren in Verbindung gebracht werden. Somit könnte ein größeres Volumen an gefiltertem Wasser - 100 L statt 50 L im Rahmen der ersten Probenentnahme - und folglich eine erhöhte Sensitivität der Analyse bzw. des Probenzeitraums (bzgl. Wetterbedingungen, Regenfälle) dafür verantwortlich sein.

**Tabelle 9.** Qualität der in der Region Kjustendil entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Ges. coliforme Keime MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Sulfit- reduzierende Clostridia CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> - Cysten Anzahl/100L
6	6	Fluß	4	4	< 1	< 1	n.n.	n.n.
	29	Vodenichnitsa	2	2	< 1	< 1	4	n.n.
7	7	WW Zhilenci	5	4	< 1	< 1	n.n.	n.n.
	30		2	< 1	1	4	3	n.n.
8	8	Fluß Bistriza	< 1	< 1	< 1	< 1	n.n.	n.n.
	31		< 1	< 1	< 1	< 1	4	n.n.
9	9	PS Djakovo	24	22	< 1	< 1	n.n.	n.n.
	32		2	2	6	< 1	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachweisbar

#### 4.1.2.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

**Tabelle 10.** Qualität der in der Kjustendilregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit (µS/cm)	T (°C)	Trübung (NTU)	pH
6	6	Fluß Vodenichnitsa	78	13,5	0	8,1
	29		27	8,0	0,9	7,2
7	7	WW Zhilenci	53	14,5	0	7,9
	30		39	8,0	2,5	7,3
8	8	Fluß Bistriza	52	11,3	0	8,3
	31		39	7,0	0,5	7,2
9	9	PS Djakovo	100	14,2	0	7,9
	32		40	9,1	0,2	7,0

Wie die Tabelle 10 zeigt, ist die Leitfähigkeit aller Proben relative niedrig und steigt zur zweiten Probenahme an. Sehr wahrscheinlich ist dies auf die Schneeschmelze oder die anhaltenden Regenfälle in dieser Region zurückzuführen. Der pH-Wert aller Wasserproben entspricht dem eines Oberflächenwassers der Qualität A1 (pH 6,5 – 8,5).

Alle Proben des unbehandelten Wassers, die im Rahmen der zweiten Probenentnahme gesammelt wurden, weisen eine erhöhte Trübung auf. Dies schließt auch jene Proben ein, die auf *Cryptosporidium* Oocysten positiv getestet wurden.

Die zweite Probenentnahme wurde im Rahmen heftiger Regenfälle durchgeführt. Dies könnte ein Grund für die erhöhte Kontamination mit Oocysten sein.

#### 4.1.2.3 Gesamteinschätzung

Alle beprobten Wässer in der Region Kjustendil zeigen einen relativ niedrigen mikrobiellen Einfluß, jedoch höhere Trübungswerte in der zweiten Probenahmeperiode.

In der Region konnten im Zuge beider Probenentnahmen keine *Giardia* Cysten nachgewiesen werden.

*Cryptosporidium* Oocysten wurden in drei Proben gefunden, die im April 2009 nach der Schneeschmelze und bei Regenfällen entnommen wurden. Die gemessene Konzentration von 3-4 Oocysten pro 100 L kann als niedrig eingeschätzt werden. Sie korrespondiert mit der Tatsache, dass im näheren Einzugsgebiet Jagdhöfe mit Wildtierhaltung bzw. -fütterungen bestehen sowie Qualitätsschwankungen des Rohwassers durch Schneeschmelze bzw. Starkregen möglich sind.

Weiterhin kann angenommen werden, dass durch die Wetteränderungen von der 1. zur 2. Probenahmekampagne sowie die veränderten Probenahmebedingungen (Wechsel von 50 auf 100 L Probenahmevermögen), ein Einfluß auf das Ergebnis stattgefunden hat.

Trotz dieser Bedenken sollte das Ergebnis dahingehend als Warnsignal angesehen werden, dass in bestimmten Situationen offensichtlich Belastungen durch pathogene Parasiten vorliegen, die sich nicht allein auf die untersuchten Wasserkörper, sondern auch auf andere Wasserressourcen beziehen können.

Das Wasser des Flusses Vodenichnitsa und andere im Zulauf des WW Zhilenci, werden dort behandelt und desinfiziert. Das Bistritsa Flußwasser wird hauptsächlich als Rohwasserquelle für verschiedene Siedlungen - ausschließlich mittels Desinfektion - bzw. als Zulauf zur Djakovo Talsperre genutzt.

#### 4.1.3 Untersuchungsstellen in der Region Montana

In der Montanaregion wurden z.T. die Talsperre Sretchenska bara (welche ein großes Einzugsgebiet versorgt, vgl. Bild 7) und drei Einzugsgebiete von Flüssen untersucht, die der Trinkwasserbereitstellung der Stadt Berkovitsa dienen.



**Bild 7.** Talsperre Sretchenska bara

Es wurden insgesamt an fünf Stellen 9 Proben entnommen, d.h. die Probenentnahmen wurden überwiegend zweifach durchgeführt. Die erste Probenentnahme (Proben 10, 11, 12, 13 und 14) fand Mitte November 2008 nach einer langen Dürreperiode statt. Die zweite Probenentnahme (Proben 33, 34, 35 und 36) wurde Ende April 2009 nach Einsetzen der Schneeschmelze und während heftiger Regenfälle durchgeführt.

Vom Fluß Chema wurde eine zweite Probe nicht entnommen, da dieser nicht für Trinkwasserzwecke dient.

Die Talsperre Sretchenska bara bildet das größte Wasserversorgungssystem der Region. Es wird durch den Fluß Sretchenska bara gespeist sowie durch die Flüsse Vrestitsa und Rakovitsa.

Die technischen Eigenschaften des Reservoirs sind wie folgt:

- Gesamtvolumen - 11.5 Mio. m<sup>3</sup>
- Durchschnittliche Verweildauer des Wassers - 360 Tage
- Wasserauffangraum -2.4 km<sup>2</sup>
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Aufbereitung – durch das Wasserwerk Slatina (Probenahmeort 14, vgl. [Bild 8](#))
- Aufbereitungstechnologie - zweistufig: offene horizontale Absetzbecken, Schnellfilter mit Quarzsand. Bei hohen Trübungsgraden ist eine Flockungsstufe durch Aluminiumoxychlorid möglich
- Desinfektion mittels Chlorgas

- Regime: kontinuierlich
- Im Fall heftiger Regenfälle erhöht sich die Trübung auf 7-8 mg/l
- Maximale Kapazität des Wasserwerks - 1870 L/Sek.
- Durchschnittliches Volumen 100 000 m<sup>3</sup> pro Tag
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 200.000 Einwohner



**Bild 8.** Probenahmeort 14 am Einlauf zum Wasserwerk Slatina

In der Berkovitsaregion wurden drei risikobehaftete Wasserfassungen identifiziert. Die Versorgung der Stadt mit Trinkwasser wird durch zwei Versorgungssysteme sichergestellt.

Das erste Versorgungssystem umfasst drei Wasserfassungen – bei Kasa reka, Bratchiliste bei Golema reka, Beli Efendi (hautsächlich), welches mittels Rohrleitung zum Sammelbehälter geführt wird, und die Fassung Slivashka bara. Die Desinfektion erfolgt jeweils über Natriumhypochlorit.

Das zweite Versorgungssystem enthält die Wasserfassung beim Fluß Shabovitsa und Wasserfassungen in Ravno butche. Das Wasser wird in einem Reservoir bei Shabovitsa gesammelt (vgl. [Bild 9](#)). Die Quelle wird vor allem in den Sommermonaten genutzt. Die Desinfektion erfolgt ebenfalls über Natriumhypochlorit.



**Bild 9.** Probenahme aus dem Sammelschacht des Rohwassers aus dem Fluß Shabovitsa

Im Fall einer Wasserknappheit wird Wasser vom Sretchenska bara Reservoir zur Stadt geführt (siehe oben).

Das Wassereinzugsgebiet Bratchiliste umfasst im Wesentlichen den Fluß Golema reka (Probenahmeort 11).

- Größe des Wassereinzugsgebiet: 1005,6 ha
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Keine Trinkwasseraufbereitung
- Desinfektion mittels Natriumhypochlorit

Folgende Risikofaktoren wurden in dem Wassereinzugsgebiet Bratchiliste identifiziert:

- Die Gesundheitsvorschriften innerhalb der Trinkwasserschutzzone I können aufgrund mangelnder Einzäunung und entsprechender Zugangsmöglichkeiten durch Menschen und Tiere nicht immer eingehalten werden

Das Wassereinzugsgebiet Kasa reka umfasst im Wesentlichen den Fluß Kasa reka (Probenahmeort 12).

- Trinkwasseraufbereitung: keine
- Desinfektion: Natriumhypochlorit.

Folgende Risikofaktoren wurden im Wasserauffangraum Kasa reka identifiziert:

- Jagdgebiet in der Nähe des Wassers;
- im Gebiet wird Bauholz gewonnen;

- Schwankungen der Wasserqualität bezüglich Trübung.

Das Wassereinzugsgebiet Shabovitsa umfasst im Wesentlichen den Fluß Shabovitsa (Probenahmeort 10).

- Größe des Wassereinzugsgebiets: 341 ha
- Eine Trinkwasserschutzzone ist nicht ausgewiesen
- Keine Trinkwasseraufbereitung
- Desinfektion mittels Natriumhypochlorit

Folgende Risikofaktoren wurden in dem Auffangraum Shabovitsa identifiziert:

- Die Gesundheitsvorschriften innerhalb der Trinkwasserschutzzone I können aufgrund mangelnder Einzäunung und entsprechender Zugangsmöglichkeiten durch Menschen und Tiere nicht immer eingehalten werden
- Gebirgsherbergen ohne Abwasserreinigungssystem

Der Fluß Cherna (Probenahmeort 13) fließt durch den Ort G.Ozirovo. Vor Ort wurde festgestellt, dass es nicht für Trinkwasserzwecke genutzt wird. Die Entnahmestelle des Flusses Chegorila, welcher die Versorgung des Ortes mit Trinkwasser sicherstellt, war nicht zugänglich. Daher wurde eine Probe vom Fluß Chema entnommen, da die Risikosituation als hoch eingeschätzt wurde.

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet des Flusses Chema identifiziert:

- faust Abwässer einer Molkerei
- freier Zugang durch domestizierte Tiere
- Verunreinigungen des umliegenden Gebietes durch tierische Fäkalien

#### 4.1.3.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 11 dargestellt.

**Tabelle 11.** Qualität der in der Montanaregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Ges. coliforme Keime MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Crypto- sporidium</i> Oozyten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
10	10	Fluß Kasa reka	7	1	<1	<1	n.n.	n.n.
	34		2	2	2	<1	2	n.n.
11	11	Fluß Golema reka	2	1	<1	<1	3	n.n.
	35		<1	<1	<1	<1	3	n.n.
12	12	Fluß Shabovitsa	26	16	1	<1	16	n.n.
	33		3	3	<1	<1	15	n.n.
13	13	Fluß Cherna	5938	15	1	<1	n.n.	n.n.
14	14	WW Slatina	122	3	<1	<1	n.n.	n.n.
	36		8	<1	<1	<1	13	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

Mit Ausnahme des Flusses Chema und der ersten Probe im Zulauf des Wasserwerks, weisen alle Gewässer einen relativ guten mikrobiologischen Status auf, welcher einem Oberflächenwasser der Kategorie A1 entspricht. Es bestehen keine Bedenken bezüglich Clostridien.

Trotzdem weist ein Großteil der entnommenen Proben fäkale Kontamination (E.coli) auf. Dies betrifft beide Proben, die bei den Flüssen Shabovitsa und Kasa reka entnommen wurden.

*Giardia* Cysten konnten in keinen der Proben gefunden werden.

*Cryptosporidium* Oocysten wurden in acht Proben gefunden, die an vier verschiedenen Orten entnommen wurden.

Zwei Anlagen (Golema reka und Shabovitsa) waren im Rahmen beider Probenentnahmen positiv, und wiesen einen ähnlichen Grad der Verunreinigung auf, resp. 3 Oozyten/100 L und 15-16 Oozyten/100 L.

Im Rahmen der Probenentnahme nach einer langen Dürrephase im Spätherbst des Jahres 2008 testeten wir das Einzugsgebiet Kasa reka und das Wasserwerk Slatina mit negativem Resultat für Oocysten. Im Zuge der zweiten Probenentnahme, die nach und sogar während heftiger Regenfälle durchgeführt wurde, untersuchten wir beide Proben mit positivem Ergebnis (2 bzw. 13 Oocysten/ 100L).

#### ***4.1.3.2 Ergebnisse physikalischer Parameter***

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 12 zu entnehmen.

**Tabelle 12.** Qualität der in der Montanaregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit (µS/cm)	T (°C)	Trübung (NTU)	pH
10	10	Fluß Kasa	90	9,7	0	8,4
	34		100	14,6	0,4	7,4
11	11	Fluß Golema	90	9,0	0	8,4
	35		90	12,7	0	7,6
12	12	Fluß Shabovitsa	63	5,8	0	8,3
	33		43	15,0	0,1	7,1
13	13	Fluß Cherna	357	8,0	0	8,9
14	14	WW Slatina	77	7,5	0	8,6
	36		73	8,0	5,8	7,1

Die Parameter Leitfähigkeit und pH-Wert aller untersuchten Oberflächengewässer sind im üblichen Bereich von Rohwässern für die Trinkwasserversorgung. Die Trübung ist, außer in Probe des WW Slatina, allgemein relativ niedrig. Der höhere Trübungswert läßt sich durch die starken Regenfälle während der Probenahme erklären.

#### 4.1.3.3 Gesamteinschätzung

Das beprobte Rohwasser verfügt hinsichtlich der bakteriologischen und physikalischen Parameter über eine relativ gute Qualität. Jedoch wurden *Cryptosporidium* Oocysten in 6 der 8 entnommenen Proben an 4 unterschiedlichen Probenahmeorten gefunden. Dies kann in Zusammenhang mit den o.g. Risikofaktoren im Einzugsgebiete, insbesondere den hygienischen Verstößen in unmittelbarer Nähe der Entnahmestellen, gebracht werden.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der Montanaregion sollte berücksichtigt werden, dass alle drei Einzugsgebiete – Kasa reka, Golema reka und Shabovitsa – Rohwasser enthalten, das für Trinkwasserzwecke der gleichen Besiedelung genutzt wird. Dieses Wasser wird als Mischwasser zwar desinfiziert, aber nicht aufbereitet. Zum Zeitpunkt der Probenahme war es unmöglich, Proben des Mischwassers von allen Quellen zu entnehmen, sodass es schwierig ist, die Auswirkung auf die Qualität des gesamten Wasservolumens, welches dem Wasserbereitstellungsgebiet zugeführt wird, vorherzusagen bzw. zu bewerten. Die untersuchten Stellen in Montanaregion sollten aber aufgrund der Ergebnisse als risikobehaftet betrachtet werden und zukünftig

strengeren Überwachungs-, und darauf aufbauend, Aufbereitungsmaßnahmen unterliegen.

Im Wasserwerk Slatina wird das Wasser der Sretchenska Talsperren aufbereitet. Wie oben bereits beschrieben, umfasst das Reservoir ein großes Einzugsgebiet, welcher hauptsächlich aus Wäldern besteht, es ist folglich nicht besonders verwunderlich, dass nach plötzlichen Wetterumschwüngen das Rohwasser Oocysten von *Cryptosporidium* aufweist. Deswegen ist es wichtig, hier die Voraussetzungen für eine effektive Aufbereitung des Rohwassers instand zu halten. Gleichzeitig müssen aufgrund der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von *Cryptosporidium* nach heftigen Regenfällen, gezielt weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um auf diesem Weg Ergebnisse bezüglich der stabilen Formen von *Cryptosporidium* im Roh- und Trinkwasser langfristig zu erhalten und auswerten zu können (vgl. Kapitel Schlussfolgerungen).

#### 4.1.4 Untersuchungsstellen in der Region Pazardzhik

In der Pazardzhikregion waren die Rohwässer der Versorgungssysteme der Städte Velingrad und Panagjuriste in den Untersuchungen einbezogen worden.

Die erste Probenahme (Proben 15, 16, 17, 18 und 19) wurde nach einer langen Dürrephase Anfang Dezember 2008 durchgeführt. Die zweite Probenahme (Proben 39, 40, 41, 42, 43, 44 und 45) wurde nach einer Regenphase Anfang Juni 2009 durchgeführt.

Insgesamt wurden an 7 Orten 12 Rohwasserproben entnommen. An 5 Orten wurden die Proben zweifach entnommen, an 2 Orten nur jeweils einmal (Proben 40 und 45).

Die Entnahmestelle Bistrishka Umleitung 12 (Probenahmeort 16) sammelt das Wasser vom Fluß Bistrishka.

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet der Bistrishka Umleitung 12 identifiziert:

- Individuelle Tierhaltung in der Nähe des Wassers;
- Individuelle Düngerlagerung in der Nähe des Wassers;
- Phasenweise Verschlechterung der Wasserqualität bezüglich Trübung und mikrobiologischer Parameter nach heftigen Regenfällen und Schneeschmelze.

Im Wasserwerk Velingrad findet eine Aufbereitung zum Trinkwasser statt.

Die Bistrishka Umleitung 11 (Probenahmeort 17) sammelt das Wasser von Sofan dere. Das Einzugsgebiet besteht aus Wald und umfasst das Naturschutzgebiet Tarlej.

Im Wasserwerk Velingrad findet eine Aufbereitung zum Trinkwasser statt.

Das Wasserwerk Velingrad (Probenahmeort 15) bereitet das Oberflächenwasser beider Umleitungen und einer Quelle, deren Wasser nicht permanent genutzt wird, durch folgende Aufbereitungstechnologie auf.

- zweistufig: Vorchlorung, Flockung mit Aluminiumoxychlorid, Sedimentation, Schnellfiltration über Sand und Marmor
- Desinfektion: Chlorgas
- Regime: kontinuierlich
- Das Wasservolumen schwankt deutlich aufgrund von Regenfällen und der Schneeschmelze. Die Trübungsschwankungen liegen im Bereich 5 - 300 mg/dm<sup>3</sup>.

Maximale Kapazität des Wasserwerks - 220 L/sek.

Durchschnittliches Volumen, täglich – 11.520 m<sup>3</sup>.

Versorgte Bevölkerung: unter 30 000 Einwohner.

Das Trinkwasserdargebot der Stadt Panagjuriste verteilt sich auf zwei Zonen, ohne dabei ein Verteilungssystem einschalten zu müssen. Die hohe Zone erhält Wasser aus dem Einzugsgebiet des Flusses Bezimenna, das zuvor im Wasserwerk Panagjuriste aufbereitet wurde. Die niedrige Zone und zwei naheliegende Dörfer erhalten Wasser aus dem Uferfiltrat des Flusses L.Jana.

Die direkte Entnahmestelle aus dem Fluß Bezimenna (Probenahmeort 18, vgl. Bild 10) wurde im Mulejgebiet inmitten von Wäldern errichtet.

- Aufbereitung im Wasserwerk Panagjuriste
- Desinfektion: Natriumhypochlorit

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet Bezimenna identifiziert:

- Trinkwasserschutzzone wurde nicht ausgewiesen
- beschränkt genutztes Weideland
- Düngung von Ackerland in der Nähe
- Verschlechterung der Wasserqualität bezüglich Trübung und mikrobiologischer Parameter nach heftigen Regenfällen und der Schneeschmelze
- Fallweise Unterbrechung der Wassernutzung in den letzten zwei Jahren aufgrund von erheblichen Wasserqualitätsproblemen



**Bild 10.** Entnahmestelle am Fluß Bezimenna

Das Wasserwerk Panagjuriste (Probenahmeort 19) behandelt nur Oberflächenwasser.

- Aufbereitungstechnologie – vertikale Absetzbecken, Schnellfilter
- Desinfektion - Chlorgas
- Regime: kontinuierlich

Maximale Kapazität des Wasserwerks 20 L/sek

Durchschnittliches Volumen, täglich 1.720 m<sup>3</sup>

Versorgte Bevölkerung: ca. 5.000 Einwohner

Die Anlage am Fluß L.Jana (Probenahmeort 20, vgl. Bilder 11-13) besteht aus drei Seen, in die der Fluß L.Jana mündet, und wird aus einem horizontalen Uferfiltrat mit einer Tiefe von 3 m gebildet. Sie befindet sich in einer hügeligen Landschaft mit Wiesen.

- Aufbereitung – keine zusätzliche Aufbereitung
- Desinfektion: Natriumhypochlorit
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 20.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren sind mit der Anlage verbunden:

- eine Trinkwasserschutzzone wurde nicht ausgewiesen;
- Verstöße gegen die Gesundheitsvorschriften - Viehweide;

- Gelegentliche Überflutungen (z.B. in 2006);
- Viehhaltung und Viehbeweidung;
- Düngung von individuellen Gärten;
- Düngerlagerung, saisonal von individuellen Gärten;
- Rasche Veränderungen der Rohwasserqualität bezüglich Trübung und mikrobiologischer Parameter nach Regenfällen oder kurzandauernden Schneeschmelzen.



**Bilder 11-13.** Näheres Einzugsgebiet des Flusses L.Jana

#### 4.1.4.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 13 dargestellt.

**Tabelle 13.** Qualität der in der Pazardzhikregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
15	15	WW Velingrad	33	8	1	<1	n.n.	n.n.
	41		185	110	11	6	n.n.	n.n.
16	16	Bistrishka Umleitung 12	22	6	2	<1	n.n.	n.n.
	39		248	89	52	8	n.n.	n.n.
17	40	Bistrishka Umleitung 11	75	33	1	6	n.n.	n.n.
18	17	Fluß Bezimenna	6	4	< 1	<1	15	n.n.
	42		27	11	14	16	6,7 <sup>5</sup>	n.n.
19	45	WW Panagjuriste	13	5	5	24	1,1	n.n.
20	18	Ablauf L.Jana	6	< 1	< 1	<1	n.n.	n.n.
	44		10	1	<1	4	n.n.	n.n.
21	19	Fluß L.Jana	122	3	<1	<1	35	n.n.
	43		461	225	517	170	62,9 <sup>5</sup>	n.n.

<sup>5</sup> Ergebnis berechnet auf 100 L; n.n. = nicht nachgewiesen

Bei der ersten Probenentnahme entsprach die mikrobiologische Qualität des Wassers, welches dem System des Wasserwerks Velingrad (Proben 15 und 16) angehört, der Kategorie A1. Im Gegensatz dazu sind die Proben der zweiten Probenentnahme (Proben 41, 39 und 40) mehr belastet und entsprechen der Oberflächenwasserkategorie A2, da sie Spuren einer fäkalen Kontamination aufweisen. Dies entspricht regnerischen Bedingungen. Oo/cyten wurden jedoch nirgends gefunden.

Beide Proben, die vom Fluß Bezimenna entnommen wurden, entsprechen der Kategorie A1, aber sie weisen eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit einer fäkalen Kontamination auf. Dies gilt auch für die Probe im Wasserwerkszulauf, welches das Wasser vom Fluß Bezimenna sammelt, und kann wahrscheinlich direkt mit den Niederschlägen, die im Rahmen der zweiten Probenentnahme gefallen sind, in Verbindung gebracht werden. Alle drei Proben waren negativ für *Giardia* Cysten, aber positiv für Oocysten. Darüber hinaus weisen die Flußproben eine höhere Belastung im fast gleichen Intervall auf (15 und 6,7 Oocysten / 100 L), gegenüber der geringeren Konzentration am WW Eingang (1,1 Oocysten / 100 L).

Die Uferfiltratproben wiesen vor allem im Vergleich zu den Flußproben, die aufgrund einer deutlichen fäkalen Kontamination zum Zeitpunkt der zweiten Probenentnahme der Kategorie A2 entsprachen, eine relativ gute Qualität bezüglich mikrobiologischer Parameter auf. Alle Proben waren frei von *Giardia* Cysten. *Cryptosporidium* Oocysten wurden in beiden Flußproben nachgewiesen, der sehr wahrscheinlich durch Flüssigdünger bzw. Exkremete von Weidetieren verunreinigt ist. Hier ist eine relativ hohe Kontamination von Oocysten nachgewiesen worden (35/100 L und 62,9/100 L), die einhergeht mit höheren Konzentrationen von mikrobiologischen Verunreinigungen und Trübungswerten. Im Uferfiltrat werden aufgrund der natürlichen Filtration während der Bodenpassage keine Oocysten nachgewiesen.

#### **4.1.4.2 Ergebnisse physikalischer Parameter**

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 14 zu entnehmen.

**Tabelle 14.** Qualität der in der Pazardzhikregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Trübung (NTU)	pH
15	15	WW Velingrad	184	7,1	0,5	7,8
	41		327	16	6,3	7,5
16	16	Bistrishka Umleitung	64	4,0	0,8	7,6
	39	12	118	13	5,6	6,8
17	40	Bistrishka Umleitung 11	196	16	2,2	6,9
18	17	Fluß Bezimenna	280	7,7	0,25	7,2
	42		246	16	3,7	7,6
19	45	WW Panagjuriste	214	19	1,0	7,4
20	18	Uferfiltrat L.Jana	194	9,4	0,3	6,8
	44		256	17	1,3	7,0
21	19	Fluß L.Jana	307	8,7	0,35	7,7
	43		300	18	9,8	7,9

Die Leitfähigkeit und der pH-Wert sind in allen Proben im Bereich der Trinkwasserqualität ohne Abweichungen, die auf Verunreinigungen im Wasser zurückzuführen wären.

Der Trübungsgrad aller mit dem Wasserwerk Velingrad assoziierten Proben war bei der zweiten Probenentnahme deutlich höher, dies spiegelt vor allem den Einfluß der Witterung wider.

#### 4.1.4.3 Gesamteinschätzung

Das Wassereinzugsgebiet des WW Velingrad ist durch die Anwesenheit von begrenzten Kontaminationsquellen, wie z.B. Tierfarmen und Ablagerungen von Dung. Die Trübungsdaten des Rohwassers zeigen erhöhte Werte nach heftigen Regen. Entsprechend sind die Ergebnisse bei den mikrobiologischen Parametern, Oocysten wurden jedoch nicht nachgewiesen.

Das Einzugsgebiet des Flusses Bezimenna, dem Wasser für das WW Panagjuriste entnommen wird, wird durch das Fehlen einer TWSZ sowie potentielle Quellen für Verunreinigungen wie Futter- oder Dungsilos charakterisiert. Zudem haben Wetterereignisse direkten Einfluß auf die Gewässerqualität.

Die Untersuchungen bestätigen (auch vergangene) fäkale Kontaminationen. Im Rohwasser für die Trinkwasserversorgung wurden in allen drei Proben *Cryptosporidium* Oocysten nachgewiesen.

Das Einzugsgebiet des Flusses L.Jana, von dem Uferfiltrate gewonnen werden, zeigen einige Risiken, wie z.B. keine ausgewiesene TWSZ, Viehweidewirtschaft, teilweise offene Futter- und Dungsilos sowie das Durchschlagen von Wetterereignissen auf die Wasserqualität. Die Untersuchungen ergaben sowohl mikrobiologische Belastungen des Flußwassers als auch Kontaminationen in beiden Proben mit Oocysten. Das Uferfiltrat, das tatsächlich für die Trinkwasserversorgung genutzt wird, zeigt hingegen keine besonderen mikrobiologischen Belastungen und keine Belastungen durch stabile Formen von Parasiten.

#### 4.1.5 Untersuchungsstellen in der Region Plovdiv

In die Untersuchung waren einige relativ kleine Wasserbereitstellungssysteme der Plovdiv region einbezogen: der Fluß Krushovska (nahe der Stadt Laki), die Karstquelle (des Dorfes Zar Kalojan), der Fluß Pepelasha (im Park Rodopi, vgl. [Bild 14](#)), der Fluß Chinar dere (als Uferfiltrat in P.Evtimovo, vgl. [Bild 15a-e](#)) und der Fluß Tamreshka (Einlaufstelle für das Wasserwerk Hrabrino, vgl. [Bild 16](#)).



**Bild 14.** Probenahme am Fluss Pepelasha (Mikrobiologie)



**Bild 15a.** Probenahme am Fluß Cinar Dere



**Bild 15b.** Einzäunung der Trinkwasserschutzzone der Uferfiltratbrunnen P.Evtimovo (Plovdiv)



**Bilder 15c-e.** Uferfiltratpumpstation P.Evtimovo



**Bild 16.** Fluß Tamreshka (Einlaufstelle für das Wasserwerk Hrabrino)

Es wurden insgesamt an 5 Stellen 9 Proben entnommen. An 4 Stellen wurden die Proben doppelt entnommen – nach einer langen Dürrephase und/oder zu Beginn des Schneefalls Mitte Dezember 2008 (Proben 20, 21, 22 and 23), und im Juni 2009 nach einer Regenphase (Proben 46,47, 48 and 49). Die Probenentnahme, die in Chinar dere (Probe 24) durchgeführt wurde, wurde 2009 nicht wiederholt, da es technisch unmöglich war, das Rohwasser aus dem Sammelschacht zu entnehmen.

Die Wasserentnahmeeinrichtung am Fluß Pepelasha (Probenahmeort 22) wurde im Park Rodopi (vgl. Bild 14), bei Studenetz, errichtet.

- Wassereinzugsgebiet: 6,7 km<sup>2</sup>
- Eine Trinkwasserschutzzone wurde eingerichtet

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Pepelsha identifiziert:

- Änderung der Wasserqualität bezüglich Trübung
- Informationen bezüglich Fauna in der Region

Aufbereitung im Wasserwerk Studenetz

- Aufbereitungstechnologie – Absetzbecken und Langsamsandfiltration
- Desinfektion über Natriumhypochlorit
- Regime: kontinuierlich.
- Maximale Kapazität des Wasserwerks: 5 L/sek
- Durchschnittliches Volumen, täglich 300 m<sup>3</sup>
- Versorgt wird der Park Rodopi
- Versorgte Bevölkerung: keine Daten



**Bild 17.** Überblick über die Umgebung/Einzugsgebiet des Flusses Krushovska bzw. die Region um die Stadt Laki (vgl. auch WW Laki)

Der Karstbrunnen Z.Kalojan (Probenahmeort 23) gilt als risikobehaftete Grundwasserquelle, da der Grundwasserleiter ungeschützt ist.

- Keine Trinkwasseraufbereitung
- Desinfektion mittels Natriumhypochlorit

- Versorgte Einwohner weniger als 500

Folgende Risikofaktoren wurden ermittelt:

- Sanierungsmaßnahmen an der Entnahmestelle wurden 2006 ergriffen
- Rapide Veränderungen der Rohwasserqualität nach Regenfällen oder einer Schneeschmelze mit einer Dauer von 1-2 Tagen

Der Fluß Tamreshka (Probenahmeort 24) ist die Hauptquelle des Wasserwerks Hrabrino.

Folgende Risikofaktoren wurden identifiziert:

- Tierzucht in unmittelbarer Nachbarschaft;
- hohe Trübung nach Schnee- und Regenfällen

Aufbereitungstechnologie – Einmischung von Flockungsmittel im Horizontalsedimentationsbecken; vertikale Sedimentation, Schnell- und Langsamfiltration

Desinfektion - Chlorgas

Regime - kontinuierlich

Versorgte Besiedelungen: Teile einer Stadt und saisonal 2 Dörfer

Versorgte Bevölkerung: keine Daten bekannt

Der Fluß Krushovska (Probenahmeort 25) (vgl. Bild 17) ist die Hauptrohwasserquelle des Wasserwerkes Laki (vgl. Bilder 18-19).

- Einzugsgebiet: 0,049 km<sup>2</sup>
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Aufbereitung im Wasserwerk Laki<sup>6</sup>

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Krushovska identifiziert:

- Verschlechterung der Wasserqualität bezüglich Trübung und mikrobiologischer Parameter
- Überwachungsdaten zeigen eine Wasserqualität, die bezüglich mikrobiologischer Parameter der Kategorie A3 entspricht
- Naheliegendes Jagdgebiet

Aufbereitungstechnologie: Absetzbecken und Langsamsandfilter, Möglichkeit einer Fällung/Flockungsstufe. Desinfektion mittels Natriumhypochlorit

---

<sup>6</sup> Das Wasserwerk ist noch in der Testphase

Versorgte Bevölkerung: weniger als 5.000 Einwohner

Die Wasserentnahmeeinrichtung wurde als zusätzliche Wasserbereitstellungsmöglichkeit für die Stadt Laki konzipiert. Momentan wird die Stadt durch drei Quellen versorgt.



**Bild 18 und 19.** Wasserwerk Laki

Die Uferfiltration befindet sich am Ufer des Flusses Chinar dere. Da der Brunnen nicht zugänglich war, wurde eine Wasserprobe aus dem Fluß Cinar dere (Probenahmeort 26) entnommen.

Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.

Desinfektion: Natriumhypochlorit

Versorgte Bevölkerung: weniger als 2.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden im Gebiet identifiziert:

- Siedlungen ohne Kanalisation im Einzugsgebiet des Flusses, oberhalb des Ablaufs, außerhalb der TWSZ

#### 4.1.5.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 15 dargestellt.

**Tabelle 15.** Qualität der in der Region Plovdiv entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridia CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
22	20	Fluß Pepelasha	5	2	4	<1	56	n.n.
	47		17	12	10	26	25	n.n.
23	21	Karstquelle Z.Kalojan	<1	<1	<1	<1	n.n.	n.n.
	48		<1	<1	<1	<1	n.n.	n.n.
24	22	Fluß Tamreshka	14	4	<1	<1	n.n.	n.n.
	49		2420	36	40	236	n.n.	n.n.
25	23	Fluß Krushovska	12	12	<1	<1	17	n.n.
	46		82	41	23	12	20	n.n.
26	24	Fluß Chinar dere	-	-	-	-	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

Der Fluß Pepelasha (Proben 20 und 47) weist eine Qualität auf, die bezüglich mikrobiologischer Parameter der Oberflächenwasserkategorie A1 entspricht, es bestehen jedoch Indizen für eine mögliche fäkale Kontamination. Beide Proben waren negativ für Cysten und, jedoch mit hohen Konzentrationen positiv für Oocysten (56 und 25 / 100 L). Beide Proben wurden bei feuchter Witterung entnommen.

Die mikrobiologische Qualität der von der untersuchten Karstquelle entnommenen Proben entspricht der von Trinkwasser. Es besteht jedoch ein erheblicher Unterschied zwischen den Qualitäten des Flusses Tamreshka zu beiden Zeitpunkten der Probenentnahmen. Die Qualität entsprach 2008 noch der Kategorie A1, fiel jedoch 2009 auf A2 ab. Dies dürfte auf die Witterungsänderung zurückzuführen sein. *Cryptosporidium* und *Giardia* wurden nicht gefunden.

Die vom Fluß Chinar dere entnommene Probe wurde nicht auf mikrobiologische Parameter hinuntersucht. Sie waren negativ für Oo/Cysten.

Die vom Wasserwerk Laki entnommenen Proben wiesen eine Verschlechterung der Qualität im zweiten Jahr der Probenentnahme auf, dies könnte ebenfalls auf eine Veränderung der Witterung zurückzuführen sein. Beide Proben waren negativ für *Giardia*, aber positiv für *Oocysten* im fast gleichen Ausmaß (17 - 20 Oocysten / 100L).

#### 4.1.5.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 16 zu entnehmen.

**Tabelle 16.** Qualität der in der Plovdivregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahme ort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit (µS/cm)	T (°C)	Trübung (NTU)	pH
22	20	Fluß Pepelasha	103	8,5	0,5	8,0
	47		110	16,0	11,3	7,5
23	21	Karstquelle Z.Kalojan	238	10,4	0,3	8,2
	48		300	17,0	0	7,6
24	22	Fluß Tamreshka	277	10,1	0,6	7,7
	49		256	23,0	6,8	8,0
25	23	Fluß Krushovska	50	5,6	0,3	5,9
	46		80	19,0	2,3	7,2
26	24	Fluß Chinar dere	530	13,2	0,7	7,2

Die Leitfähigkeit aller Proben liegt im Bereich der Anforderungen an Trinkwasser und zeigen somit keine Hinweise auf Abweichungen der Wasserqualität. Ebenso verhält es sich mit dem pH-Wert, außer bei der Probe am Wasserwerk. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, weisen alle zweiten Proben der Oberflächengewässer, die während der Regenperiode entnommen wurden, höhere Trübungswerte auf. Ausnahme bilden die Werte des Grundwassers, das weniger anfällig auf Schwankungen der Trübungswerte durch Niederschläge ist.

#### 4.1.5.3 Gesamteinschätzung

Die Grundwasserproben zeigen - wie auch die Proben des Uferfiltrats des Flusses Chinar dere und am Wasserwerkseingang des WW Hrabrino - negative Ergebnisse hinsichtlich *Cryptosporidium Oocysten* und *Giardia cysten*.

Die anderen beiden Proben von Oberflächengewässern des Flusses Pepelasha und Krushovska sind zwar negativ für *Giardia*, jedoch positiv für *Cryptosporidium Oocysten*.

Der Fluß Pepelasha zeigte während der zweiten Beprobung eine schlechte Wasserqualität. Dies betrifft die getesteten mikrobiologischen Parameter und die Trübung, was die bisherigen Beobachtungen des Einflusses der Gewässerqualität von Oberflächenwässern durch den Wetterwechsel bestätigt. Die Oocystenkonzentration ist relativ hoch, was auf eine ständige Kontaminationsquelle hinweist, wahrscheinlich durch Wildtiere.

Gleiche Ergebnisse, jedoch mit niedrigerer Oocystenkonzentration ergaben sich für das Einzugsgebiet des Flusses Krushovska.

Das Wasser beider Flüsse wird in entsprechenden Wasserwerken behandelt.

#### 4.1.6 Untersuchungsstellen in der Region Vidin

In der Region Vidin wurden zwei Wassereinzugsgebiete in die Untersuchungen einbezogen. Die zwei Proben (Proben 37 und 38) wurden Ende April 2009 an zwei Orten entnommen.

Die Wasserentnahmestelle Stakevszi befindet sich am Fluß Stakevska (Probenahmeort 27):

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Aufbereitung: nur Sammelbecken
- Desinfektion mittels Chlorgas
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 10.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden identifiziert:

- Wildzucht unterhalb des Entnahmepunktes;
- Fauna (Wildtiere, vgl. Bild 20).



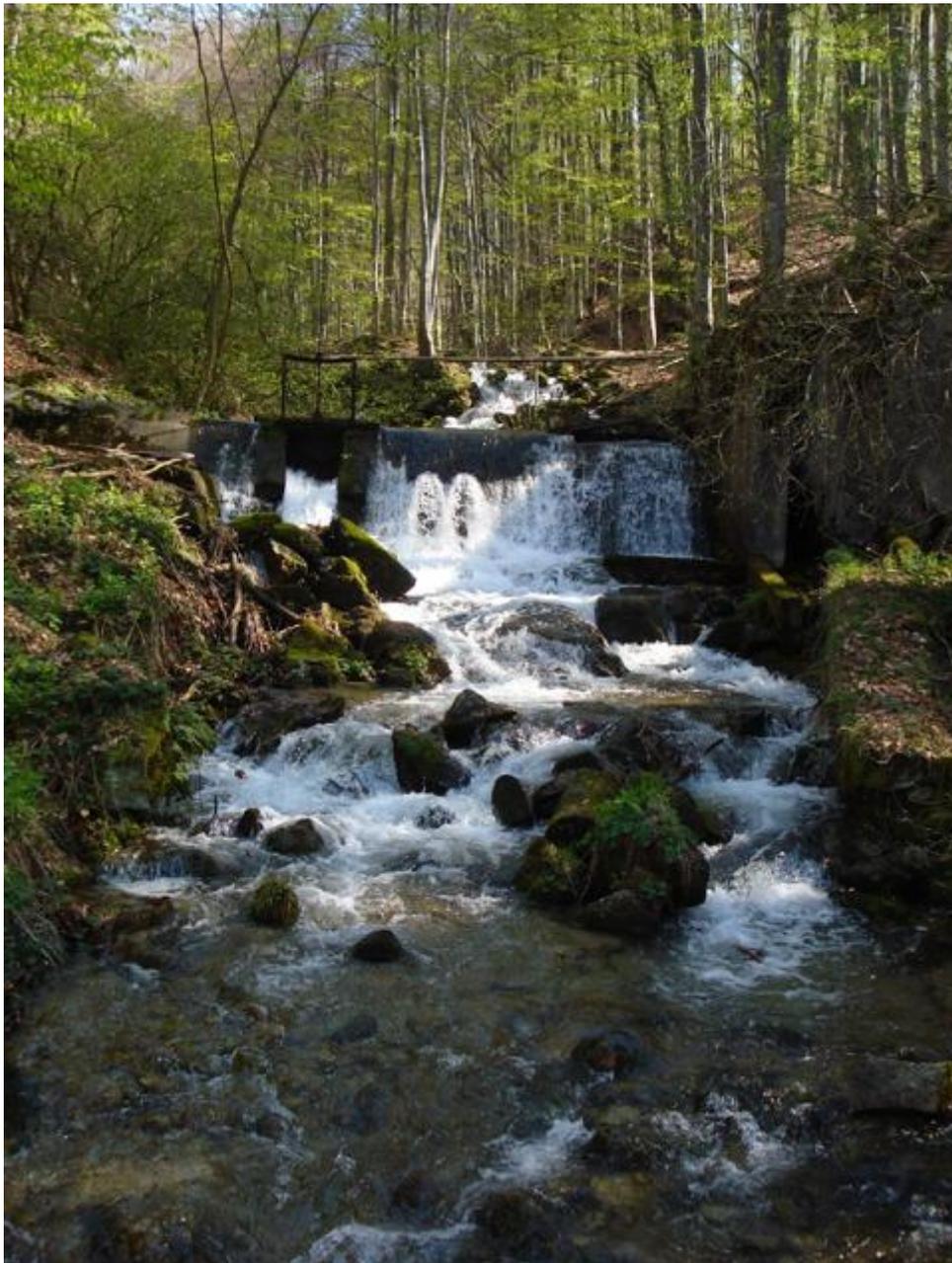
**Bild 20.** Wildtiere auf dem Weg zur Wasserentnahmestelle

Der Fluß Golema reka (Chuprene, vgl. Bild 21) (Probenahmeort 28) ist einer der Zuflüsse des Wassereinzugsgebietes Repljana-Chuprene:

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Aufbereitung: keine
- Desinfektion: Chlorgas
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 20.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum Golema reka identifiziert:

- Veränderungen der Qualität bezüglich Trübung und mikrobiologischer Parameter



**Bild 21.** Entnahmestelle aus dem Fluß Chuprene in der Region Vidin

#### 4.1.6.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 17 dargestellt.

**Tabelle 17.** Qualität der in der Region Vidin entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterokokken MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
27	37	Fluß Stakevska	<1	<1	<1	<1	n.n.	n.n.
28	38	Fluß Chouprene	1	1	1	<1	3	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

Die mikrobiologische Qualität beider Wasserproben entsprach der Kategorie A1. Beide Proben waren negativ auf *Giardia* Cysten. Die Proben des Flusses Chouprene war positiv auf *Cryptosporidium* Oocysten (3 Oocysten / 100 L).

#### 4.1.6.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 18 zu entnehmen.

**Table 18.** Quality of the samples taken in Vidin region on physical parameters

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Trübung (NTU)	pH
27	37	Fluß Stakevska	86	14,0	0	7,0
28	38	Fluß Chouprene	71	15,5	0,4	7,0

Alle physikalischen Parameter entsprechen den Anforderungen an Trinkwasserqualität.

#### 4.1.6.3 Gesamteinschätzung

Es gibt einige Faktoren, welche die beiden untersuchten Oberflächengewässer als risikobehaftet hinsichtlich Kontaminationen durch pathogene Parasiten darstellen, z.B. die Präsenz von Wildtieren, Tierzucht, der Einfluß von Wetterumschwüngen und insbesondere das grundsätzliche Fehlen einer Trinkwasseraufbereitung.

Die Ergebnisse der Messungen zeigen eine gute Gewässerqualität, die der Wasserkategorie A1 entspricht. Allerdings wurde in einer Rohwasserprobe des Flusses Chouprene Oocysten in geringen Konzentrationen gefunden, das als Einzelfall gewertet werden kann, aber zunächst einmal weiterem Klärungs- bzw. Untersuchungsbedarf bedarf.

#### 4.1.7 Untersuchungsstellen in der Region Lovech

Es wurden in der Lovechregion insgesamt 5 Proben (Nr. 50, 51, 52, 53 und 54) an 5 Orten entnommen, wobei die Wassereinzugsgebiete auch Wasser an größere Bereitstellungsgebiete und benachbarte Regionen liefern. Die Probenahme fand Mitte Juni 2009 nach einer relativ langen Trockenphase, die von heftigen Regenfällen abgelöst wurde, statt.

Die Entnahmestelle Cherni osam (Probenahmeort 29) befindet sich am gleichnamigen Fluß:

- Einzugsgebiet: 3.930 ha
- Die Trinkwasserschutzzone wird gerade neu ausgewiesen
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbecken

- Desinfektion mittels Chlorgas (in einem Sammelbecken mit dem Wasser des Flusses Kraeviza)
- Versorgte Siedlungen: liefert Wasser auch an andere Versorgungsgebiete mit ca. 200.000 Einwohnern)

Folgende Risikofaktoren wurden im Einzugsgebiet Cherni osam identifiziert:

- Saisonale Verstöße gegen die hygienischen Vorschriften in Trinkwasserschutzzonen durch Besitzer von Landhäusern;
- Einzelne Landhäuser ohne Kanalisation.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde auch folgendes bemerkt:

- Holzfällen in unmittelbarer Nähe der Entnahmestelle
- Rohwasser hatte einen intensiven Fischgeruch

Die Wasserentnahmeeinrichtung Kraeviza (Probenahmeort 30) befindet sich am gleichnamigen Fluß.

Einzugsgebiet: 3.500 ha

- Die Trinkwasserschutzzone wird gerade neu ausgewiesen
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbecken
- Desinfektion: Chlorgas (in einem Sammelbecken mit dem Wasser des Flusses Cherni osam)
- Versorgte Siedlungen: liefert Wasser auch an andere Versorgungsgebiete mit ca. 200.000 Einwohnern
- Im Rahmen der Vor-Ort-Untersuchungen wurde bemerkt, dass das Rohwasser einen intensiven Fischgeruch aufweist.

Das Wasser beider Entnahmestellen (Cherni osam und Kraeviza) fließt in einen gemeinsamen Wasserbehälter und wird dort vor der Weiterleitung in das Verteilungssystem desinfiziert. Die Haupteinspeisung in das Verteilungssystem erfolgt jedoch über eine andere Einspeisung, nämlich Einrichtung Steneto mit einem Volumenanteil von ca. 5:1. Das Wasser der beprobten Flüsse wird vor allem in den Sommermonaten und/oder in Zeiten von Wasserknappheit genutzt.

Die Wasserentnahmeeinrichtung Balkanez befindet sich am Fluß Vartiashka (Probenahmeort 31).

Einzugsgebiet: 1.000 ha

- Die Trinkwasserschutzzone wird gerade neu ausgewiesen
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbehälter

- Desinfektion: Chlorgas
- Versorgte Siedlungen: auch durch die o.g. Bereitstellungsgruppen versorgt
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 30.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Vartjashka identifiziert:

- Vorhandensein von einzelnen Landhäusern ohne Kanalisation, die saisonal genutzt werden

Die Wasserentnahmeeinrichtung Bolovandzhika (Probenahmeort 32, vgl. Bilder 22 und 23) befindet sich am gleichnamigen Fluß.

Einzugsgebiet: 435,8 ha

- Die Trinkwasserschutzzonen wird gerade neu ausgewiesen
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbehälter
- Desinfektion: Chlorgas (zurzeit werden Experimente mit Ozon durchgeführt).
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 20.000 Einwohner

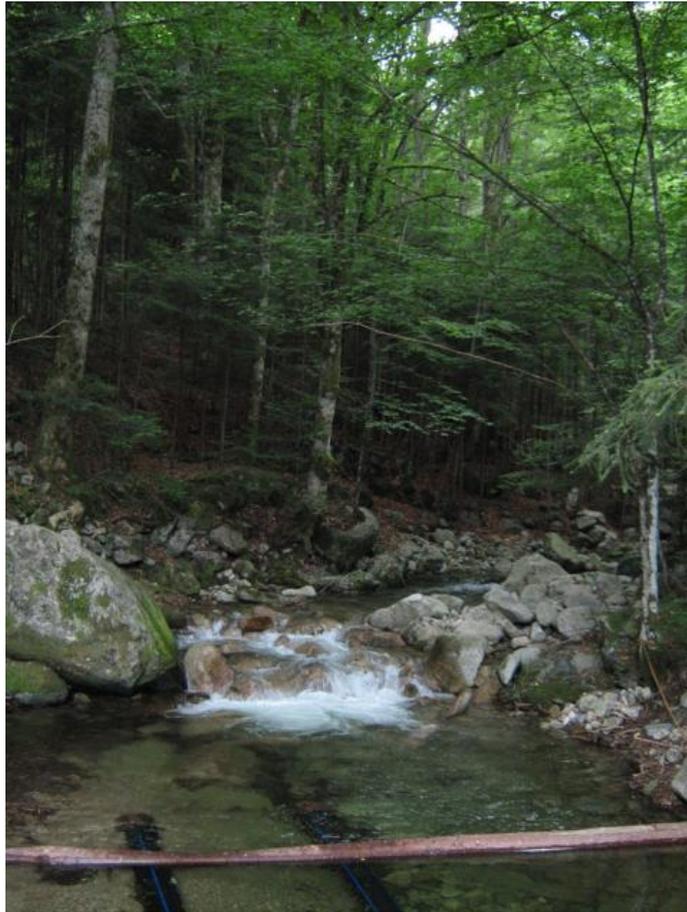
Zur Zeit der Probenentnahme wurde neue Entnahmeeinrichtung gebaut. Die alte Anlage wurde aufgrund sehr heftiger Regenfälle im Jahr 2007 zerstört.

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Bolovandzhika identifiziert:

- in der Region befindet viele unterschiedliche Arten von Wildtieren

Der Fluß Brestnishka Laka (Probenahmeort 33) ist zusätzliche Wasserquelle für die Wasserverteilung, die über den Fluß Bolovandzhika erfolgt.

- Die Trinkwasserschutzzone wird gerade neu ausgewiesen
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbecken
- Desinfektion: Chlorgas (zurzeit werden Versuche bzgl. der Verwendung von Ozon durchgeführt)
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 20.000 Einwohner



**Bild 22.** Bolovandzhika Fluß



**Bild 23.** Instandsetzungsarbeiten am Bolovandzhika Fluß nach heftigen Unwettern

#### 4.1.7.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 19 dargestellt.

**Tabelle 19.** Qualität der in der Lovechregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Ges. Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl /100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl /100L
29	50	Fluß Cherni osam	3973	11	24	690	0	n.n.
30	51	Fluß Kraevitsa	2827	28	61	440	3	n.n.
31	52	Fluß Vartjashka	308	6	14	40	4	n.n.
32	53	Fluß Bolovandzhika	201	12	5	480	6	n.n.
33	54	Fluß B.Laka	35	6	11	310	0	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

Mit Ausnahme des Flusses B.Laka, weisen alle Wasserquellen eine Oberflächenwasserqualität der Kategorie A2 auf, wobei Anzeichen einer fäkalen Kontamination bestehen. Zudem ist die Konzentration an *Clostridien* relativ hoch, welche auf eine entfernte Verschmutzung hindeutet. Es sollte betont werden, dass im Zuge der Probennahmen bei den Flüssen Cherni osam und Kraevitsa ein intensiver, leicht fischartiger Geruch wahrgenommen wurde, der möglicherweise auf Trimethylamin als Abbauprodukt hinweist.

*Giardia* Cysten wurden nicht gefunden. *Cryptosporidium* Oocysten wurden bei drei Proben (51, 52 und 53) in relativ geringen Konzentrationen (3 - 6 Oocysten/100L) gefunden. Alle Proben wurden nach einer Regenphase entnommen. Bei Betrachtung der mikrobiologischen Daten ist zu anzunehmen, dass eine permanente Kontaminationsquelle für fäkale Verunreinigungen vorhanden ist.

#### 4.1.7.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 20 zu entnehmen.

**Tabelle 20.** Qualität der in der Lovech region entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit (µS/cm)	T (°C)	Trübung (NTU)	pH-Wert
29	50	Fluß Cherni osam	263	22	0,3	8,7
30	51	Fluß Kraevitsa	220	20	0,5	8,5
31	52	Fluß Vartjashka	235	21	1,4	8,3
32	53	Fluß Bolovandzhika	90	17	0,4	7,4
33	54	Fluß B.Laka	68	16	0	7,1

Die physikalischen Wasserqualitätsparameter zeigen, wie in der o.b. Tabelle dargestellt, keine gravierenden Abweichungen gegenüber anderen Oberflächenwässern. Es gibt keine besonderen Hinweise auf Verunreinigungen.

#### 4.1.7.3 Gesamteinschätzung

Im Fragebogen wurden die Risiken der zu untersuchenden Probenahmeorte beschrieben als Verletzungen der TWSZ, die zu Kontaminationen mit pathonene Parasiten führen können. Das Einzugsgebiet besteht aus Wäldern, die reich an

Wildtieren sind. Das Rohwasser wird eine nach einer Desinfektionsstufe direkt in das Versorgungssystem geleitet.

*Giardia* Cysten wurden nicht gefunden. *Cryptosporidium* Oocysten wurden in 3 der 5 Proben, die einmalig nach einer Regenphase entnommen wurden, nachgewiesen.

Das Versorgungssystem ist komplex aufgebaut: Die Flüsse Kraeviza (Ergebnis 3 Oocysten / 100 L) und Vartjashka (Ergebnis 4 Oocysten / 100 L) werden als zusätzliche Wasserquellen der Entnahmestellen des Flusses Cherni osam und Steneto genutzt. Die positiven Testergebnisse auf *Cryptosporidium* weisen auf die Notwendigkeit genauerer Untersuchungen des gesamten Versorgungssystems hin. Dies gilt zumindest für die ersten Ergebnisse und lässt sich aufgrund der mangelnden Behandlung, die über die einfache Desinfektion nicht hinaus geht, begründen.

Der Fluß Bolovandzhika zeigt ähnliche Ergebnisse (6 Oocysten / 100 L). Er ist die wichtigste Rohwasserressource des gesamten Einzugsgebietes. Dieses wird vor Einspeisung in das Versorgungssystem mit Rohwasser aus dem Fluß B.Laka gemischt, in dem jedoch keine Oocysten nachgewiesen werden konnten. Weitere Beprobungen und Untersuchungen sind notwendig, um ein genaueres Bild zur Belastungssituation zu bekommen.

#### 4.1.8 Untersuchungsstellen in der Region Sofia

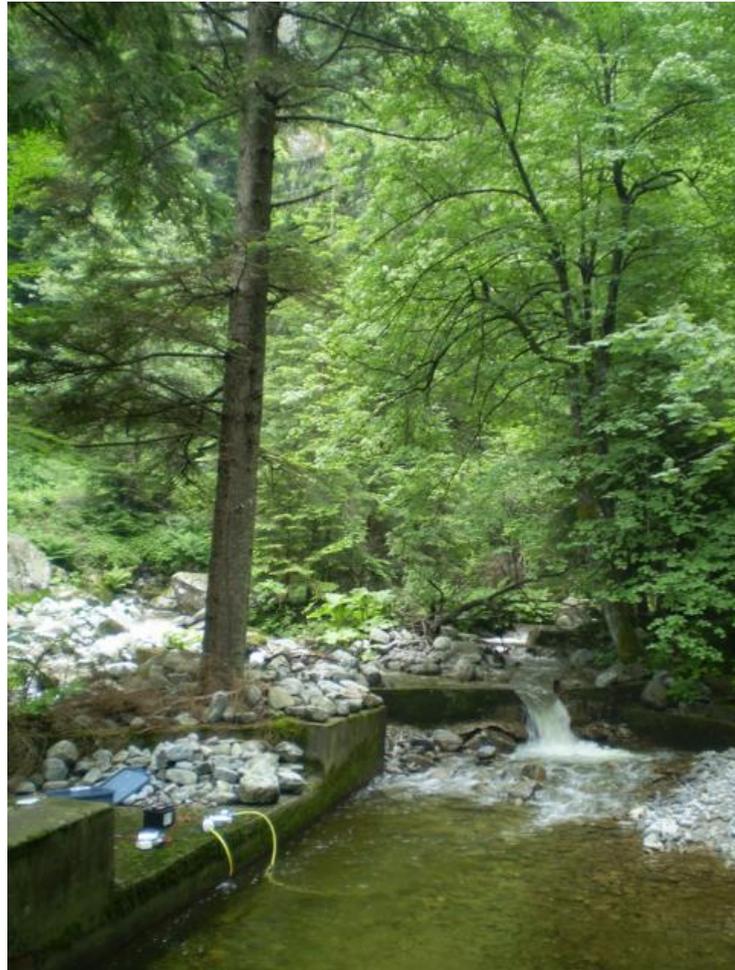
In der Region um die Stadt Sofia (Sofiaregion) wurde die Probenahme einmalig, nach einer längeren Regenphase Ende Juni 2009 durchgeführt. 4 Proben wurden an 4 Orten entnommen, 2 wurden Flüssen entnommen (Nr. 55 und 56), eine (Nr. 57) ist eine Mischung aus Fluß- und Quellwasser, eine (Nr. 58) wurde dem Wasser einer Quelle entnommen.

Die Entnahmestelle Krajna (Probenahmeort 34, vgl. Bild 24) befindet sich im Umfeld des gleichnamigen Flusses. Die Gegend ist Teil des Nationalparks Rila. Der Fluß Chavcha ist eine weitere Quelle, sie war zwar für das Probenahmeteam nicht zugänglich, wurde aber zum Zeitpunkt der Probenahme für Trinkwasserzwecke auch nicht genutzt. Das Wasser beider Flüsse wird in einem gemeinsamen Becken gesammelt und desinfiziert.

- Wassereinzugsgebiet: es liegen keine genauen Daten vor
- Trinkwasserschutzzonen wurden nicht ermittelt
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbecken
- Desinfektion mittels Chlorkalk
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 20.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Krajna identifiziert:

- saisonal genutztes Weideland
- Veränderung der Wasserqualität bezüglich Trübung und mikrobiologischer Parameter nach Regenfällen und Schneeschmelzen
- Fauna (Wildtiere)



**Bild 24.** Probenahme am Fluß Krajna in der Region Sofia

Die Entnahmestelle am Fluß Ibar (Probenahmeort 35, vgl. Bild 25) befindet sich im Nationalpark Rila (1.000 m über dem Meeresspiegel). Als Trinkwasser dient ein Mischwasser mit dem einer zweiten Entnahmestelle am Fluß Maritza. Jene Entnahmestelle befindet sich in einer größeren Höhenlage in der Nähe der Flußquelle und war für das Probenahmeteam nicht zugänglich.

- Wassereinzugsgebiet: es liegen keine genauen Daten vor
- Trinkwasserschutzzonen wurden nicht ermittelt
- Trinkwasseraufbereitung: keine, nur Sammelbecken
- Desinfektion: Chlorgas

- Versorgte Siedlungen: weniger als 30.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Ibar identifiziert:

- saisonal genutztes Weideland
- Fauna;
- Laut den Überwachungsdaten von 2006 - 2007 entspricht das Oberflächenwasser bezüglich mikrobiologischer Parameter einer Qualität der Kategorie A2.



**Bild 25.** Probenahmestelle am Fluß Ibar in der Region Sofia

Der Fluß Iskrezka und die Quelle Pesta (Probenahmeort 37) befinden sich in einer Karstregion. Nur das Quellwasser wird als Trinkwasser verwendet.

- Wassereinzugsgebiet: es liegen keine genauen Daten vor
- Trinkwasserschutzzonen wurden nicht ermittelt.
- Aufbereitung: keine
- Desinfektion: Chlorgas
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 20.000 Einwohner

Folgende Risikofaktoren wurden im Auffangraum des Flusses Iskrezka identifiziert:

- Verstöße gegen die Gesundheitsvorschriften in der Nähe der Wasserquelle und des Schutzgebiets – Viehweide und Zutritt durch Tiere
- Saisonale, eingeschränkte Viehzucht in der Nähe des Wassers.

Die Quelle Cheshmeto (Probenahmeort 37) ist eine der Quellen, die in dem versorgten Gebiet genutzt wird. Die Quelle sammelt seichtes Hangwasser.

- Aufbereitung: keine
- Desinfektion: Chlorkalk
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 2 000 Einwohner

Risikofaktoren: das Gebiet wird als Weideland genutzt.

Es kann angenommen werden, dass die mikrobiologische Qualität des Flusses Krajna (Nr. 55) der Kategorie A1 entspricht, wobei Anzeichen einer vergangenen Kontamination aufgrund des Vorhandenseins von sulfitreduzierenden Clostridien besteht. Dies gilt auch für den Fluß Ibar (Nr. 56); dieser weist jedoch wg. einer höheren Kontamination fäkalen Ursprungs eine mindere Qualität der Kategorie A2.

Die Probe aus Fluß- und Quellwasser (Nr. 57) ist mikrobiologisch belastet und weist Spuren einer fäkalen Kontamination auf. Die Probe des reinen Quellwassers (Nr. 58) ist ebenfalls belastet.

*Giardia* Cysten wurden in keinen der Proben gefunden. Beide Flußproben, sowie die gemischte Probe wurden positiv auf *Cryptosporidium* Oocysten getestet. Die Kontaminationen sind nicht sehr hoch, die Ergebnisse gehen jedoch mit den mikrobiologischen Anzeichen einer fäkalen Kontamination und dem Vorhandensein von sulfit-reduzierenden Clostridia konform.

Das positive Testergebnis des Flusses Iskrezka bzw. der Quelle Pesta kann noch nicht als Anzeichen eines verschmutzten Trinkwassers gewertet werden, da nur die Quelle als Trinkwasser genutzt wird. Es ist wahrscheinlicher, dass dieses Ergebnis die aktuelle Situation in der Nähe des Flusses widerspiegelt und aufgrund des leichten Zugangs durch Tiere entstanden ist.

Angesichts der Karstnatur des Terrains und der hydraulischen Beziehungen sind weitere Untersuchungen des Wassers in diesem Gebiet empfehlenswert.

#### 4.1.8.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 21 dargestellt.

**Tabelle 21.** Qualität der in der Sofiaregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischen Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl /100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl /100L
34	55	Fluß Krajna	27	<1	<1	18	2	n.n.
35	56	Fluß Ibar	73	7	6	160	2	n.n.
36	57	Fluß Iskretz, Quelle Pesta	111	47	19	10	6	n.n.
37	58	Quelle Cheshmeto	49	22	2	<1	0	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

#### 4.1.8.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 22 zu entnehmen.

**Tabelle 22.** Qualität der in der Sofiaregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Trübung (NTU)	pH-Wert
34	55	Fluß Krajna	22	13	0,5	7,5
35	56	Fluß Ibar	40	16	0,3	7,3
36	57	Fluß Iskretz, Quelle Pesta	301	16	1,5	7,6
37	58	Quelle Cheshmeto	500	17	0	7,3

Die Leitfähigkeiten spiegeln den Ursprung der entnommenen Wasserproben wider und erreichen bei der gemischten Probe (Nr. 57) und der Grundwasserprobe (Nr. 58) im Vergleich zur Probe des Gebirgsflusswassers (Nr. 55 und 56) höhere Werte. Obwohl die Probenentnahme nach heftigen Regenfällen durchgeführt wurde, ist die Trübung der Flüsse Krajna und Ibar relativ niedrig. Dies könnte durch die technische Konstruktion der Entnahmeeinrichtungen und deren Tiefe, die eine gewisse Sedimentation möglich macht, erklärt werden.

#### 4.1.8.3 Gesamteinschätzung

Die beiden Flußeinzugsgebiete in der Region sind durch einige Risikofaktoren hinsichtlich pathogener Parasiten im Rohwasser gekennzeichnet. Dazu gehören die jahreszeitliche Nutzung von Futtersilos, Wildtiere, die bis an die Rohwasserressourcen gelangen können, und Daten, die dafür sprechen, dass Wetterereignisse wie Schneeschmelze oder Starkregen zu mikrobiologischen Auswirkungen in der Rohwasserqualität führen.

Die Proben wurden nach heftigen Regengüssen genommen und zeigten zunächst sicheren Kontaminationen mit sulfitreduzierenden Clostridien.

Das gewonnene Wasser wird ohne Aufbereitung nach Desinfektion direkt an die Konsumenten weitergeleitet. Die Wasserproben beider Flüsse waren mit Oocysten in geringen Konzentrationen belastet (2 Oocysten / 100 L).

Die untersuchte Grundwasserprobe war frei von Oocysten, jedoch wurde *Cryptosporidium* in einer Mischwasserprobe des Grundwassers und des Wassers der Iskreška Flusses gefunden (6 Oocysten / 100 L), die, aufgrund der verfügbaren Risikodaten von TWSZ-Verstößen, z.B. durch Möglichkeiten des freien Zutritts von Wild- und Weidetieren zum Fluß, jedoch dem Oberflächenwasser zugeschrieben werden können.

Giardia Cysten wurden in keiner untersuchten Probe nachgewiesen.

#### 4.1.9 Untersuchungsstellen in der Region Kardzhali

Die Probenentnahme in der Kardzhaliregion wurde Anfang Juli 2009 nach einer Regenphase durchgeführt. Es wurden insgesamt 6 Grundwasserproben an 6 Orten entnommen. Drei der Proben sind Quellwässer (Nr. 59, 61 und 64), eine besteht aus Mischwasser (Nr. 60, Mischung aus Quell- und Schachtbrunnenwasser) und zwei stammen aus Uferfiltraten (Nr. 62 und 63). Wasserressourcen, die Wasser an ein großes und einige kleinere Versorgungsnetze weiterleiten, waren in unseren Untersuchungen teilweise enthalten.

Der Auffangraum der Karstquelle Bjal kamak (Probenahmestelle 38) befindet sich in unmittelbarer Nähe des Flusses Ardinska.

- Flußrate: 7-10 L/sek. (Sommermonate), 10-12 L/sek. (Wintermonate).
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.
- Aufbereitung: keine
- Desinfektion: Natriumhypochlorit
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 5.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- Verstöße gegen die hygienischen Vorschriften in der TWSZ, einzelne Bauernhöfe mit Tierzucht im Wassereinzugsgebiet
- Förderung von inertem Material, Senkung des Flußbettes
- Tierzucht und Weidung im Gebiet in der TWSZ II.

Eine Probe wurde auch von dem Sammelbecken (Probenahmeort 39) entnommen, in dem das Wasser mit aus Schachtbrunnen gewonnenem Wasser gemischt wird. Die Schachtbrunnen weisen eine durchschnittliche Tiefe von 4,5 m auf und befinden sich unterhalb des Flußbettes des Flusses Ardinska.

Karstquelle (Probenahmeort 40) beim Fluß Bjal izvorka:

- Tiefe des Auffangraums: 5 m

- Flußrate: 8-10 L/sek. (Sommermonate), 13-15 L/sek. (Wintermonate)
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.
- Aufbereitung: keine
- Desinfektion: Natriumhypochlorit
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 2.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- Verstöße gegen die hygienischen Vorschriften im Gebiet der TWSZ II
- Vorhandensein von milchverarbeitenden Betrieben sowie Tierzucht in unmittelbarer Nähe zur TWSZ
- Überschwemmungsrisiko des Sammelbeckens

Der Brunnen zur Gewinnung des Uferfiltrates Shiroko pole (Probenahmestelle 41) befindet sich am Ufer des Reservoirs Studen kladenez:

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 1.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- Verstöße gegen die Gesundheitsvorschriften innerhalb der TWSZ
- Überschwemmungsrisiko im Reservoir bei Hochwasser

Uferfiltrat am Fluß Perpereshka (Probenahmeort 42):

- Flußrate: 4-5 L/sek. (Sommermonate), 12 L/sek. (Wintermonate)
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Aufbereitung: keine
- Desinfektion: Chlorkalk
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 1.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- Verstöße gegen die hygienischen Vorschriften innerhalb der TWSZ
- Geflügelzucht für Eierproduktion
- Der Fluß Perpereshka, von dem Uferfiltrat gewonnen wird, sammelt das Abwasser einiger kleiner Siedlungen

Karstbrunnen Miladinovo (Probenahmeort 43)

Flußrate: 5 L/sek. (Sommermonate), 10 L/sek. (Wintermonate)

Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.

Aufbereitung: keine

Desinfektion: Chlorkalk

Versorgte Bevölkerung: weniger als 500 Einwohner

Risikofaktoren:

- befindet sich in der untersten Zone des Dorfes
- Verstöße gegen die hygienischen Vorschriften innerhalb der TWSZ
- Verschmutzungsrisiko durch Abwässer

#### 4.1.9.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 23 dargestellt.

**Tabelle 23.** Qualität der in der Kardzhalieregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Ges. Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
38	59	Quelle Beli kamak	25	2	16	<1	n.n.	n.n.
39	60	Quelle Beli kamak, Schachtbrunnen	6	<1	2	<1	n.n.	n.n.
40	61	Quelle Belo pole	146	35	76	18	n.n.	n.n.
41	62	Uferfiltrat Shiroko pole	<1	<1	<1	4	n.n.	n.n.
42	63	Uferfiltrat Perperk	<1	<1	<1	<1	n.n.	n.n.
43	64	Quelle Miladinovo	<1	<1	<1	<1	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

Beide Proben der Karstquelle Beli kamak (Nr. 59 und Nr. 60) – wiesen eine relativ geringe mikrobiologische Belastung mit geringen Anzeichen auf fäkale Kontaminationen auf.

Die mikrobiologische Qualität des Rohwassers der Quelle Belo pole (Nr. 61) zeigt Hinweise auf eine Quelle der Verunreinigung hin, z.B. eine fäkale Kontamination, die kontinuierlich oder phasenweise Einfluß auf die Wasserqualität hat.

Die restlichen Proben beider Uferfiltrate (Nr. 62 und 63) und der Quelle Miladinovo (Nr. 64) wiesen eine gute mikrobiologische Qualität auf.

Oo/Cysten von *Cryptosporidium* und *Giardia* wurden in keiner der Proben gefunden.

#### 4.1.9.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 24 zu entnehmen.

**Tabelle 24.** Qualität der in der Kardzhaliregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probe- nahmeort Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)	Trübung (NTU)	pH- Wert
38	59	Quelle Beli kamak	417	18	0,1	7,5
39	60	Quelle Beli kamak, Schachtbrunnen	320	17,8	0,24	7,2
40	61	Quelle Belo pole	337	16,7	1,4	7,5
41	62	Uferfiltrat Shiroko pole	923	18	0,1	7,1
42	63	Uferfiltrat Perperk	616	26	0,4	7,5
43	64	Quelle Miladinovo	737	22	0,1	7,2

Alle Wasserproben waren durch relativ hohe Leitfähigkeiten charakterisiert, die wahrscheinlich aus der vorherrschenden Geologie herrührt. Die Ergebnisse zeigen keine unüblichen Werte für diese Art von Gewässern und entsprechen auch den üblichen Werten von Trinkwasser. Nur die Probe der Quelle Belo pole zeigt eine erhöhte Trübung an. Dies korreliert mit den dort ebenfalls gemessenen höheren mikrobiologischen Werten dieses Wassers. Dies kann dadurch erklärt werden, dass die Probe wg. technischer Schwierigkeiten nicht aus einem Sammelbecken, sondern einem Aufschlussrohr mit der Folge der Aufwirbelung des Sediments entnommen wurde.

### 3.1.9.3 Gesamteinschätzung

Alle Probenahmeorte in der Region betreffen Grundwasser bzw. Uferfiltrate, die durch Risikofaktoren, wie die Verletzung hygienischer Vorschriften in TWSZ oder Prokutionen / Aktionen im Einzugsgebiet, die Kontaminationen durch pathogene Parasiten im Rohwasser unterstützen können.

Zwei Proben zeigen deutliche mikrobiologische Einflüsse. Keine der Proben hatte jedoch positive Resultate von *Giardia* Cysten oder *Cryptosporidium* Oocysten.

### 4.1.10 Untersuchungsstellen in der Region Smoljan

In der Smoljanregion wurde die Probenentnahme einmalig nach einer Regenphase Mitte Juli 2009 durchgeführt. Insgesamt wurden 5 Proben an 5 Stellen entnommen. Drei Quellen entsprechen jenen, die durch die zuständigen Behörden in den Fragebögen als risikoreich eingestuft wurden. Zwei weitere wurden vor Ort durch das Probenahmeteam zusätzlich (WW Prevala, Quelle Sv.Duch) gewählt. Die Quelle Sv. Duch zeigte in der Vergangenheit Belastungen, die zur Registrierung von wassergebürtigen Krankheiten führten.

#### WW Prevala (sampling Probenahmeort 44)

Sammelt Oberflächenwasser von 8 Gebirgsflüssen. Im Sommer oder im Fall von Wasserknappheit wird Wasser von zwei weiteren Quellen hinzugefügt.

- Das Wassereinzugsgebiet besteht aus Wäldern
- Aufbereitungstechnologie: vertikale Absetzbecken und Schellfilter
- Desinfektion mittels Chlorgas
- Regime: kontinuierlich
- Versorgte Besiedelungen: Teil einer Stadt und 2 kleinere Siedlungen.
- Versorgte Bevölkerung: es liegt keine detaillierte Information vor

Risikofaktoren: Fauna (Wildtiere)

#### Karstquelle Hubtcha (Probenahmeort 45)

- Die Durchflußrate variiert im Bereich von 60 - 200 L/sek.
- Das Wassereinzugsgebiet besteht aus Wäldern
- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen

Risikofaktoren:

- Einfluß durch Oberflächenwasser
- eingeschränkte Düngung in Wiesen nahe dem Brunnenkopf

- Rasche Veränderungen der Rohwassertrübung nach Regenfällen oder einer Schneeschmelze, Dauer 5-6 Tage
- Behandlung: über das Wasserwerk Hubtcha
- Aufbereitungstechnologie: Schnellfilter, Flockung (Aluminiumoxychlorit, falls notwendig).
- Desinfektion: Chlorgas
- Regime: kontinuierlich
- Maximale Kapazität des Wasserwerks: 150 L/sek
- Durchschnittliches Volumen, täglich: 100 L/sek
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 10.000 Einwohner

#### Direkte Wasserentnahme – Fluß Iskretz (Probenahmestelle 46)

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.
- Behandlung: keine.
- Desinfektion: Natriumhypochlorit.

#### Risikofaktoren:

- Siedlungen nahe der Wasserquelle, ohne öffentliche Kanalisation
- Phasenweise eintretende Veränderungen der Rohwassertrübung nach Regenfällen oder einer Schneeschmelze bezüglich Trübung und/oder mikrobiologischer Parameter
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 10.000 Einwohner

Bevor das Wasser in die Siedlungen geleitet wird, wird es zuvor mit Wasser von weiteren Quellen gemischt.

#### PS Krajna (Probenahmestelle 47, vgl. Bild 26)

Die Pumpstation sammelt das Wasser von zwei Schachtbrunnen (durchschnittliche Tiefe 7,5 m), die beide hinsichtlich pathogener Parasiten als riskant bewertet wurden. Die Station befindet sich in der Uferregion des Flusses Nedelinska.

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.
- keine Trinkwasseraufbereitung
- Desinfektion mittels Natriumhypochlorit
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 10.000 Einwohner

#### Risikofaktoren sind:

- Verbindung mit Oberflächenwasser des Flusses Nedelinska

- Siedlungen nahe der Wasserquelle ohne öffentliche Kanalisation, die Abwässer in den Fluß entleeren



**Bild 26.** Auf dem Weg zur Pumpstation Krajna

Die Quelle Sveti Duch (Probenahmestelle 48) ist eine Karstquelle mit sehr variablen Flußraten (32 - 36 bis 360 L/sek). Der Auffangbehälter befindet sich 1.122 m über dem Meeresspiegel. Das Quellwasser wird im Verteilungsnetz mit Wasser zahlreicher kleiner lokaler Wasserquellen vermischt.

- Wassereinzugsgebiet: Wald
- Die TWSZ wurden noch nicht aktualisiert
- Keine Trinkwasseraufbereitung
- Desinfektion: Chlor
- Versorgte Bevölkerung: weniger als 10.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- erhöhte Trübung während heftiger Regenfälle (10 mg/l und mehr)
- Fauna (Wildtiere)

Die Probe wurde nach einer langen Regenphase und erhöhter Trübung entnommen.

#### 4.1.10.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 25 dargestellt.

**Tabelle 25.** Qualität der in der Smoljanregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter

Probenahmestelle Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
44	65	WW Prevala	22	6	6	<1	11	n.n.
45	66	WW Hubtcha	866	88	75	16	5	n.n.
46	67	Fluß Iskretz	110	9	12	<1	5	n.n.
47	68	PS Krajna	285	7	3	4	n.n.	n.n.
48	69	Quelle Sv Duch	11	5	2	<1	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

Die mikrobiologische Qualität des Flußwassers, welches zum WW Prevala entnommen wird (Nr. 65), entspricht der Kategorie A1, es bestehen jedoch Anzeichen einer fäkalen Kontamination. Die Wasserqualität der Karstquelle Sv.Duch (Nr. 69) ist entsprechend.

Jene Probe, die dem Fluß Iskretz (Nr. 67) entnommen wurde, weist eine Oberflächenwasserqualität der Kategorie A2 und Zeichen einer fäkalen Kontamination auf. Das Grundwasser, das dem Schachtbrunnen bei der PS Krajna (Nr. 68) entnommen wurde, ist mikrobiologisch belastet und weist Zeichen einer fäkalen Kontamination auf. Die Probe, die dem Wasser der Karstquelle bei WW Hubtcha entnommen wurde, weist die höchste mikrobiologische Belastung auf.

Alle Proben wurden negativ auf *Giardia* Cysten getestet.

In zwei Oberflächenwasserproben (Nr. 65 und 67) wurden *Cryptosporidium* Oocysten gefunden. Auch die bei WW Hubcha entnommene Probe des Quellwassers war positiv auf Oocysten.

#### 4.1.10.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 26 zu entnehmen.

**Tabelle 26.** Qualität der in der Smoljanregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmestelle Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit (µS/cm)	T (°C)	Trübung (NTU)	pH-Wert
44	65	WW Prevala	28	11	1.4	6.7
45	66	WW Hubcha	367	14	5.8	7.7
46	67	Fluß Iskretz	38	16	0.9	7.0
47	68	PS Krajna	332	18	0.3	7.3
48	69	Quelle Sv Duch	218	13	1.2	7.7

Die Leitfähigkeiten reflektieren die Herkunft der Wässer; die Grundwässer haben eine wesentlich höhere Leitfähigkeit. Wie in der Tabelle ersichtlich ist die Trübung des Quellrohwassers, das für das WW Hubcha gesammelt wird, erhöht. Auch die Wässer für das WW Prevala und die Karstquelle haben erhöhte Trübungswerte. Dies läßt sich dadurch erklären, dass die Proben nach heftigen Regenfällen genommen worden waren.

#### 4.1.10.3 Gesamteinschätzung

Die beschriebenen Risikofaktoren zeigen typische Merkmale für Grundwasserquellen, die durch Oberflächengewässer, durch menschliche Aktivitäten, wie Dunglagerung o.ä. bzw. durch verstärktes Wildtiervorkommen in den bewaldeten Einzugsgebieten beeinflusst werden können.

Zwei der untersuchten Probenahmeorte mit Grundwasserressourcen, der Schachtbrunnen der Pumpstation PS Krajna und die Quelle Sv.Duch, zeigten eine gewisse mikrobiologische Kontamination, sind jedoch negativ für Oo/Cysten.

Zum anderen zeigen sich an der Rohwasserprobenahmestelle am WW Prevala bei nur geringen mikrobiologischen Belastungen, Oocysten in Konzentrationen von 11 Oocysten pro 100 Litern. Dies könnte damit erklärt werden, dass zur Zeit der Probenahme durch Starkregen eine Anzahl diffuser Abläufe des bewaldeten Einzugsgebietes zu einem verstärkten und belasteten Zulauf in das Rohwasser geführt hat.

Eine geringe Konzentration (5 Oocysten / 100 L) wurden ebenfalls im Fluß Iskretz gemessen, im gleichen Bereich auch im WW Hubcha, die einhergeht mit einer erhöhten Trübung und mikrobiologischen Belastungen.

#### 4.1.11 Untersuchungsstellen in der Region Sliven

Die Probenentnahme wurde in der Slivenregion einmalig Ende Juli 2009 durchgeführt. Es wurden insgesamt 5 Proben an 5 Stellen entnommen. Zwei stammen aus Flüssen (Nr. 70 und 72), die der Talsperre Assenovtzi zufließen. Die restlichen wurden einer anderen Entnahmestelle entnommen bzw. bestehen aus Flußwasser (Nr. 74) und einer Rohwassermischung eines Flusses und einer Quelle (Nr. 73). Die Proben wurden im Anschluss an eine Regenphase entnommen. Die Talsperre Assenovetz (Probenahmestelle 50) ist die Hauptquelle der Wasserversorgung der Region und sammelt Wasser von drei Fließgewässern – von den Flüssen Magareshka (Probenahmestelle 49), Assenovska (Probenahmestelle 51) und Amza dere, der drei Entnahmestellen am Fluß Belinska aufweist. Die Talsperre befindet sich im Gebirge.

Die technischen Eigenschaften der Talsperre sind folgende:

- Gesamtvolumen - 25.2 Mio. m<sup>3</sup>,
- Durchschnittliche Verweildauer des Wassers - 365 Tage

- Wassereinzugsgebiet - 74 km<sup>2</sup>
- Trinkwasserschutzzonen sind ausgewiesen
- Trinkwasseraufbereitung findet bisher nicht statt, ein Wasserbehandlungsanlage ist in der Bauphase.
- Aufbereitungstechnologie (wie geplant): 2 stufig – horizontale Absetzbecken, Ozonbehandlung, Filter und abschließende Desinfektion mit Chlor
- Maximale Kapazität des Wasserwerks (Projekt): 850 L/sek.
- Desinfektion: Chlorgas (momentan)
- Versorgte Bevölkerung: ca. 50.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- Siedlung ohne Kanalisation im Einzugsgebiet

Die Wasserversorgung in Tvardiza wird durch den Fluß Ziganska sichergestellt, welcher im Fragebogen als gefährdete Quelle identifiziert wurde, und einer Quelle. Es wurde eine Mischprobe von einem Sammelbecken gezogen (Probenahmestelle 52), da es technisch unmöglich war, nur Wasser des Flusses zu entnehmen. Das Flußwasser wird hauptsächlich im Sommer als zusätzliche Quelle genutzt.

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen.
- Behandlung: keine.
- Desinfektion: Chlorgas
- Versorgte Bevölkerung: ca. 2.000 Einwohner

Risikofaktoren:

- Begrenzte Überwachungsdaten bezüglich mikrobiologischer Parameter für das Jahr 2007 zeigen eine Wasserqualität der Kategorie A2

Der Oberflächenwasserauffangraum Domus dere (Probenahmestelle 53) wurde am einem gleichnamigen Bach errichtet:

- Eine Trinkwasserschutzzone ist ausgewiesen
- Eine Trinkwasseraufbereitung findet im Wasserwerk Shivatchevo statt
- Aufbereitungstechnologie: Sandfilter und permanente Flockung mit Aluminiumsulfat
- Desinfektion: Natriumhypochlorit
- Maximale Kapazität des WW: 10 L/sek
- Durchschnittliches Volumen, täglich: 1000 m<sup>3</sup>
- Regime: kontinuierlich

- Versorgte Bevölkerung: ca. 2.000 Einwohner; der Rest der Stadt wird durch zwei Schachtbrunnen, die mittels Chlorgas desinfiziert werden, versorgt.
- Es besteht technisch eine Möglichkeit, im Falle sehr hoher Trübungsgrade des Flußwassers, das Grundwasser in der hohen Zone einzusetzen.

#### Risikofaktoren:

- erhöhte Trübung des Flusses

Die mikrobiologische Qualität aller Oberflächenwasserproben (Nr. 70, 72 und 74) inkl. des Wassers des Reservoirs (Nr. 71) weisen eine Qualität der Kategorie A2 sowie Anzeichen einer vergangenen und gegenwärtigen fäkalen Kontamination auf. Die Qualität des gemischten Rohwassers der zentralen Bereitstellung (Nr. 73) entspricht der Kategorie A1.

*Giardia* Cysten und *Cryptosporidium* Oocysten wurden in keiner der Proben gefunden.

#### 4.1.11.1 Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen

Die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen und auf Parasitendauerformen sind in der Tabelle 27 dargestellt.

**Tabelle 27.** Qualität der in der Slivenregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischen Parameter

Probenahmestelle Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Ges. Coliforme MPN/100 cm <sup>3</sup>	<i>E. coli</i> MPN/100 cm <sup>3</sup>	Enterococci MPN/100 cm <sup>3</sup>	Clostridien CFU/cm <sup>3</sup>	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten Anzahl/100L	<i>Giardia</i> Cysten Anzahl/100L
49	70	Fluß Magareshka	387	82	52	140	n.n.	n.n.
50	71	Reservoir Asenovez	121	1	<1	6	n.n.	n.n.
51	72	Fluß Asenovska	1553	48	112	110	n.n.	n.n.
52	73	CWS Tvardiza	38	1	4	<1	n.n.	n.n.
53	74	Fluß Domus dere	231	20	12	4	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachgewiesen

#### 4.1.11.2 Ergebnisse physikalischer Parameter

Die Ergebnisse der gemessenen physikalischen Parameter sind der Tabelle 28 zu entnehmen.

**Tabelle 28.** Qualität der in der Slivenregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter

Probenahmestelle Nr.	Probe Nr.	Ort der Entnahme	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Trübung (NTU)	pH-Wert
49	70	Fluß Magareshka	153	22	7,1	8,3
50	71	Reservoir Asenovez	360	20	1,1	8,0
51	72	Fluß Asenovska	437	25	2,5	8,4
52	73	CWS Tvardiza	490	17,5	0,7	7,9
53	74	Fluß Domus dere	142	18	12	8,0

Die beiden Parameter Leitfähigkeit und pH-Wert liegen im üblichen Bereich von Oberflächengewässern.

Beide Flüsse (Nr. 70 und 72), die in das Reservoir Asenovez und den Fluß Domus dere (Nr. 74) fließen, weisen erhöhte Trübungsgrade auf. Obwohl die Proben unter trockenen Bedingungen entnommen wurden, fand kurz zuvor eine Regenphase statt, die diese Ergebnisse erklären könnte. Die Probe des Reservoirs (Nr. 71) und die des gemischten Wassers (Nr. 73) weisen eine niedrige Trübungswerte auf, dies spiegelt die Auswirkungen gewisser Prozesse wie die der Sedimentation und der Mischung wider.

#### 4.1.11.3 Gesamteinschätzung

Da das Trinkwasserversorgungssystem der Region, das hauptsächlich über eine Talsperre ohne Trinkwasseraufbereitung (außer Desinfektion) erfolgt, wurden dort und an anderen Stellen Rohwasserproben entnommen und untersucht, die Merkmale eines erhöhten Verschutzungsrisikos aufwiesen. Dies wurde über erhöhte mikrobiologische Werte und Trübungswerte der Flußproben bestätigt. Demgegenüber wurden Oo/Cysten an keiner der untersuchten Probenahmestellen nachgewiesen.

## 4.2 Auswertungen

### 4.2.1 Aussagen aus der Literatur im Zusammenhang mit den durchgeführten Untersuchungen

(Kistemann, et al., 2002) gaben einen Überblick über Untersuchungen, denen zufolge *Cryptosporidium* Oocysten fast immer in Konzentrationen nachgewiesen wurden, die mit Molkereieabwässern bzw. bei Anwesenheit von Wildtieren (Rehen) im Einzugsgebiet korrelierten. Im Gegensatz dazu wurde das Auftreten von *Giardia* Cysten vor allem mit dem Auftreten von kommunalen Abwässern und Wildtieren (Biebern) in Verbindung gebracht.

(Juraneck, 1995) fassten zusammen, dass laut der Daten verschiedener Autoren *Cryptosporidium spp.* Oocysten in 65-97% des untersuchten Oberflächenwassers der USA gefunden wurden. (Janithschke, 1999) berichtete, dass *Cryptosporidium* Oocysten in 46,7% und 29,8% des untersuchten Oberflächen- bzw. Trinkwassers gefunden wurden.

(Carmena, Aguinagaldex, Zigorraga, Fernandez-Crespo, & Ocio, 2007) analysierten das Vorhandensein von *Giardia* Cysten und *Cryptosporidium* Oocysten in Trinkwasserquellen in Nordspanien. *Cryptosporidium* Oocysten wurden in 63,5% der Flußproben, 33,3% der Reservoirproben und in 15,4% bzw. 22,6% der Rohwasserproben aus konventionellen und kleinen Kläranlagen gefunden. *Giardia* Cysten wurden in 92,3% der Flußproben, 55,5% der Talsperrenproben und in 26,9% bzw. 45,2% der entsprechenden konventionellen und kleinen Kläranlagen gefunden.

(Kistemann, et al., 2002) boten Zusammenfassungen einiger Literaturquellen, die zeigten, dass die Konzentrationen an E.coli, coliformen Bakterien und Enterococci, sowie auch die Trübung nach Regenfällen erhöht waren und dass die Konzentration an *Cryptosporidium* Oocysten in Trockenphasen wie beispielsweise im Sommer niedriger waren. Andere Autoren zeigten, dass eine zusätzliche Belastung durch diffuse Ableitungen und Resuspension aus dem Flußbettsediment für diese Erhöhungen verantwortlich war. Die Resuspension aus dem Sediment des Flußbettes wurde als Hauptverursacher regeninduzierter Erhöhungen von Parasitenkonzentrationen gesehen. Kistemann argumentierte, dass die Konzentration an Parasiten unter Überschwemmungsbedingungen sehr stark ansteigen würde, falls Flüsse eine hohe allgemeine Parasitenbelastung aufweisen. Diese Belastung entspricht dem zusätzlichen Ablauf, kann aber nicht mittels chemophysikalischer oder bakteriologischer Parameter angemessen indiziert werden, da die Trübung ein nicht-spezifischer Indikator ist und fäkale Indikatoren nicht immer mit dem Auftreten von Krankheitserregern wie Parasiten korrelieren.

(Kanaris, Papadopoulou, Kimura, Economou, Kourenti, & Sakkas, 2002) berichteten über eine Studie, in der 33 Proben von 5 Flüssen im Nordwesten Griechenlands entnommen wurden. *Giardia* wurden in keinem der Flüsse entdeckt, aber *Cryptosporidium* Oocysten konnten in niedriger Konzentration (0,2 / 100 L und 0,4 / 100 L) aus jenen Proben isoliert werden, die im späten Winter und im Herbst aus den zwei Flüssen entnommen wurden. Abflüsse, die durch landwirtschaftliche Tätigkeiten, Viehhaltung oder durch wildlebende Tiere kontaminiert wurden wurden als mögliche Ursachen der Kontamination genannt.

(Plutzer, Takó, Márialigeti, Törökné, & Kanaris, 2007) bieten Daten über eine in Ungarn durchgeführte Studie, die 236 Wasserproben aus Roh-, Trink-, und Flußwasser sowie Uferfiltrate umfasst. Das Rohwasser aus 10 Aufbereitungsanlagen wies eine Konzentration an *Giardia* Cysten im Bereich 0,3 – 1.030 / 100 L und eine Konzentration an *Cryptosporidium* Oocysten im Bereich 5 – 50 / 100 L auf. Höhere Oocystenkonzentrationen wurden mit Wasserressourcen in Verbindung gebracht, welches Ausflüsse aus Kläranlagen oder Waldgebieten aufnimmt. In etwa 60% der Flußwasserproben wurden keine *Cryptosporidien* gefunden. In den positiven Proben wurden Oocysten im Bereich von 0 – 50 / 100L gefunden. *Giardia* wurden häufiger entdeckt, deren Cysten traten in 90% des Flußwassers mit einer Konzentration von 0 – 500 / 100 L auf.

(Rose, Huffmann, & Gennaccaro, 2002) berichtete über das Vorhandensein von Oocysten in 4 - 100% der untersuchten Oberflächenwasserproben. Die Konzentration variierte dabei je nach Belastung mit Abwässern und tierischen Exkrementen zwischen 0,1 und 10.000 pro 100 L.

#### 4.2.2 Gesamtauswertung der durchgeführten Untersuchungen

Es wurden insgesamt 74 Rohwasserproben an 53 Stellen in Trinkwassereinzugsgebieten entnommen. Alle Proben wurden neben den physikalischen Parametern pH-Wert, Trübung und Leitfähigkeit und den mikrobiologischen Parametern Gesamtcolifforme, E.coli, Enterokokken und Clostridien auf *Cryptosporidium* und *Giardia* Oo/Cysten untersucht, wobei die Analyse entsprechend dem modifizierten ISO 15553:2006 Standard erfolgte.

Alle 74 Proben (100%) waren negativ auf *Giardia* Cysten. Eine plausible Erklärung hierfür liegt in der Tatsache, dass *Giardia* häufiger in Wasserquellen zu finden sind, die erheblich durch kommunale Abwässer belastet sind. Dies war in der vorliegenden Analyse nicht der Fall, da sich eine Vielzahl der untersuchten Oberflächenwasserentnahmestellen und deren Auffangräume in hochgelegenen Gebirgsregionen befanden und daher nicht durch Abwässer verschmutzt sind (siehe Tabelle 29).

*Cryptosporidium* Oocysten wurden in 8 von 11 Regionen des Landes gefunden. In drei Regionen wurden keine positiven Resultate erzielt (Pernik, Sliven und Kardzhali). In zwei dieser Regionen wurden vor allem Oberflächenwasserproben entnommen, in der Dritten hingegen wurde nur Grundwasser in Karstgebieten untersucht. Die Verteilung der positiven Testergebnisse auf unterschiedliche Wassertypen wird in der Tabelle 29 dargestellt.

**Tabelle 29.** *Cryptosporidium* -positive Entnahmestellen und Proben

Wassertyp	Entnahmestellen			Proben		
	Ges. Anzahl	davon positiv		Ges. Anzahl	davon positiv	
		Anzahl	%		Anzahl	%
Oberflächenwasser	39	20	51.3	58	26	44.8
Grundwasser	12	1	8.3	14	1	7.1
Mischwasser	2	1	-	2	1	-
Gesamt	53	22	41.5	74	28	37.8

An 58,5% der untersuchten Stellen (31 von 53) konnten umweltstabile Formen beider Parasiten nicht gefunden werden.

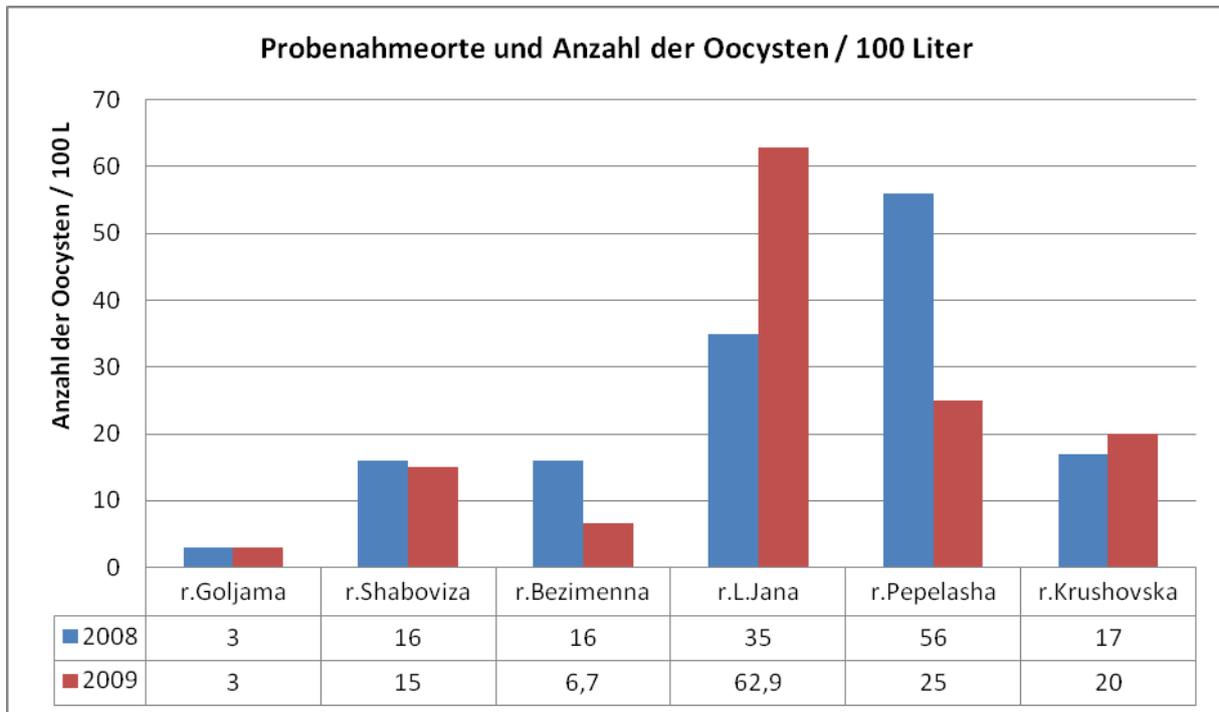
*Cryptosporidium* wurde an 41,5 % (22 von 53) der Entnahmestellen gefunden. Der Großteil davon wurde in Oberflächenwasserproben nachgewiesen (20 von 22 Stellen). Nur eine der positiven Befunde stand in Verbindung mit der Entnahme von Grundwasser: Eine Karstquelle, die 8,3% des gesamten untersuchten Grundwassers darstellt (1 von 12 Entnahmestellen). Eine der beiden Entnahmestellen, an der Mischwasser (Fluß- und Quellwasser) untersucht wurde, war positiv auf Oocysten. Es darf angenommen werden, dass das positive Resultat in diesem Fall auf den Grad der Verschmutzung des Flusses zurückzuführen ist. Entsprechend kann ausgesagt werden, dass 52,5% des untersuchten Oberflächenwassers mit *Cryptosporidium* Oocysten kontaminiert war (21 von 40 Oberflächenentnahmestellen).

Wie aus der obigen Tabelle hervorgeht, wurden *Cryptosporidium* Oocysten in 37,8% der Proben gefunden (28 von 74). Nur eine positive Probe stammte aus Grundwasser einer Karstregion. In 62,2% der untersuchten Proben wurden keine Parasiten gefunden (46 von 74).

Doppelte Proben (in 2008 und 2009) wurden an 21 Stellen entnommen. Positive Ergebnisse wurden an 11 Stellen erzielt (Bild 27 und 28). An 6 Stellen (Nr, 11, 12, 18, 21, 22 und 25) waren die Ergebnisse bei beiden Probenentnahmen positiv und stellen 42,9% aller positiven

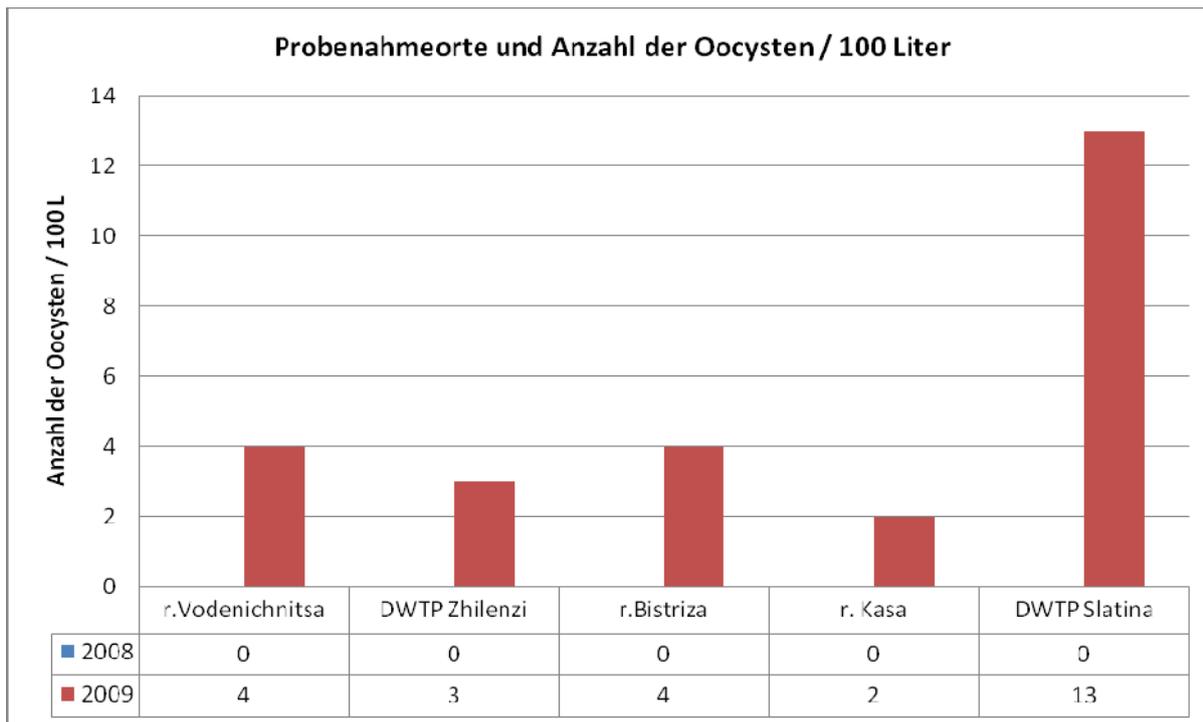
Ergebnisse dar (12 von 28). Die Oocystenkonzentrationen waren an einigen Stellen etwa gleich (Nr. 11, 12 und 25). An anderen variierten sie je nach Wetterlage.

An den 5 anderen Stellen (Nr. 6, 7, 8, 10 und 14) wurden Oocysten nur bei der zweiten Probenentnahme gefunden, die nach einer Regenphase und/oder bei einem erhöhten Probenvolumen durchgeführt wurden.



**Bild 27.** Entnahmestellen mit positive Ergebnissen für *Cryptosporidium* oocysts in beiden Probenahmeperioden

Die Oocystenkonzentration war an den Stellen mit zwei positiven Proben höher (6,7 – 62,9 Oocysten / 100 L), falls diese mit der Belastung einzelner positiver Resultate zwischen 2 und 13 Oocysten/100 L verglichen wird. Die restlichen 11 positiven Entnahmestellen wurden erst nach einer Schneeschmelze oder Regenfällen ausschließlich im Jahr 2009 untersucht. Die Oocystenkonzentration war auch relativ niedrig und befand sich im Bereich 1,1 – 11 Oocysten / 100 L. Dort, wo doppelte Positivbefunde auftraten, ist davon auszugehen, dass die betroffenen Wassereinzugsgebieten konstante Kontaminationsquellen vorweisen.



**Bild 28.** Probenahmeorte mit positiven Ergebnis für *Cryptosporidium* Oocysten in der zweiten Probenahmeperiode

Im Allgemeinen waren die Oocystenkonzentrationen des Rohwassers an den meisten Stellen relativ niedrig. Veröffentlichten Daten zufolge besteht eine erhebliche räumliche und zeitlich/saisonale Variabilität der Oocystenbelastung der untersuchten Wasserquellen. Trotzdem sind die Ergebnisse dieser Studie mit denen anderer Autoren konsistent.

Tabelle 30 gibt einen Überblick über die Untersuchungsstellen je nach Art des Rohwassers (Oberflächen-, Grund- oder Mischwasser), deren Oocystenbelastung und Nutzungsbedingungen für die Trinkwasserproduktion.

**Tabelle 30.** Art der Entnahmestelle, Oocystenbelastung und Nutzungsbedingungen für Trinkwasserzwecke

Nr	Art der Entnahmestelle	Anzahl der Untersuchungsstellen	Anzahl positiver Untersuchungsstellen	<i>Cryptosporidium</i> Belastungsbereich (Oocysten/100L)	Nutzungsbedingungen für Trinkwasserzwecke
1	Fluß	14	11	2 - 16	direkt <sup>(1)</sup>
2	Fluß	12	7	1,1 - 56	nach WW
3	Fluß	5	0	-	Einlass Talsperre
4	Stausee	2	0	-	ohne WW
5	Stausee	3	1	13	nach WW
6	Fluß	2	1	35 – 62,9	vor Uferfiltration
7	Fluß	1	0	-	nicht direkt <sup>(2)</sup>
8	Quelle	6	0	-	direkt
9	Quelle	1	1	11	nach WW
10	Uferfiltrat	3	0	-	direkt
11	Schachtbrunnen	1	0	-	direkt
12	Quell- u. Schachtbrunnen	1	0	-	direkt
13	Fluß und Quelle	2	1	6	nicht direkt <sup>(2)</sup>
	Gesamt	53	22		

<sup>(1)</sup> direkte Nutzung für Trinkwasserzwecke ohne Behandlung (nur nach Desinfektion)

<sup>(2)</sup> keine direkte Nutzung für Trinkwasserzwecke, aber die Rohwasserqualität des entsprechenden Versorgungssystems könnte beeinflußt sein

Die in der Tabelle gezeigten Daten zeigen, dass das Rohwasser der Hälfte der Entnahmestellen (11 von 22), die positiv auf *Cryptosporidium* Oocysten getestet wurden, für die Wasserbereitstellung genutzt wird, jedoch nicht direkt, sondern nach einer Behandlung mittels Uferfiltration oder technologischer Aufbereitungsstufen im Wasserwerk (WW).

Elf der untersuchten Flußentnahmeeinrichtungen werden direkt und ohne Behandlung für Trinkwasserzwecke genutzt. Die Trinkwasserbereitstellung erfolgt nach Desinfektion mit chlorhaltigen Mitteln. Meistens wird das Wasser mit dem anderer Quellen gemischt bzw. als zusätzliche Quelle genutzt. Die durchschnittliche Oocystenbelastung liegt bei 2 - 6 Oocysten / 100 L, eine Konzentration von 16 Oocysten / 100 L wurde nur einmal gemessen.

Die Ergebnisse dieser Studie können im Vergleich mit den unten dargestellten Konzentrationsbereichen, die einer deutschen Studie (Bischoff & Feuerpfeil, 2001)

entnommen wurden, hauptsächlich als nicht belastet/belastet, in vereinzeln Fällen als hoch belastet beschrieben werden (vgl. Tabelle 31).

**Tabelle 31.** Definition von Belastungsbereichen für Parasitendauerformen (eingestuft nach Mittelwerten; nach Bischoff und Feuerpfeil, 2000)

Definition	<i>Giardia</i> Cysten (Anzahl/100L)	<i>Cryptosporidium</i> Oocysten (Anzahl/100L)
stark belastete Zuflüsse	> 100	> 50
belastete Zuflüsse	10 - 100	10 - 50
Nicht belastete Zuflüsse	< 10	< 5
Rohwässer	< 5	< 1

Die höchsten Werte wurden im Fluß L.Jana (35 und 62,9 Oocysten / 100 L) gemessen, dessen Wasser nach Uferfiltration für die Trinkwassergewinnung genommen wird. Das umliegende Gebiet wird als Weideland genutzt und stellt somit die offensichtliche Verschmutzungsursache dar. Die beiden Proben, die dem Uferfiltrat entnommen wurden, waren negativ.

Die Kontamination des Flusses Pepelasha (56 und 25 Oocysten / 100 L) ist der des Flusses L.Jana sehr ähnlich. Der Pepelasha fließt durch bewaldetes Gebiet, welches keiner landwirtschaftlichen Nutzung unterliegt, aber viele Wildtierarten aufweist. Das Wasser wird nach einer Aufbereitung im Wasserwerk in das Versorgungssystem gespeist.

Relativ hohe Konzentrationen an Oocysten (17 und 20 / 100 L) wurden in den vom Fluß Krushovska entnommenen Proben gemessen. Dessen Einzugsgebiet ist ebenfalls bewaldet; hier finden sich Jagdstationen und entsprechend wildlebende Tiere. Die Rohwasserentnahmeeinrichtung wird als zusätzliche Wasserquelle mit einem neuen Wasserwerk verbunden und befindet sich im Stadium der technischen Prüfung.

Die Flüsse Shaboviza (16 - 15 Oocysten / 100L) und Bezimenna (15 – 6,7 Oocysten / 100L) weisen ähnliche Konzentrationen auf, beide haben bewaldete Einzugsgebiete. Trinkwasserschutzzone (TWSZ) sind nicht ausgewiesen, d.h. sowohl Mensch als auch Tier kommen direkt an die Entnahmestelle heran. Das Wasser des Shaboviza wird nach Mischung mit einer anderen Quelle jedoch ohne Aufbereitung in das Versorgungssystem geleitet. Das Rohwasser des Bezimenna wird im Wasserwerk Panagjuriste behandelt, wies jedoch noch eine niedrige Oocystenkonzentration in der einzeln entnommenen Probe auf.

Neben des bereits dargestellten Wasserwerks der Flüsse Pepelasha, Krushovska und Bezimenna, wurden in einzelnen positiven Proben des Rohwassers im Wasserwerkseingang

eine Belastung von 3 – 13 Oocysten/100 L (entgegen 5 – 13 Oocysten / 100 L) in nach einer langen Regenphase gemessen. In den drei Wasserwerken Zhilenzi, Slatina und Prevala wird Oberflächenwasser behandelt, das vierte WW Hubcha sammelt Wasser einer Karstquelle. Die Einzugsgebiete bestehen hauptsächlich aus Waldgebieten mit beschränkter landwirtschaftlicher Nutzung (siehe Tabelle 32), dies lässt vermuten, dass wildlebende Tiere die Kontaminationsursache darstellen.

**Tabelle 32.** Übersichtstabelle zu Rohwasserentnahmestellen, Trinkwasseraufbereitung und Risikofaktoren im Wassereinzugsgebiet

Entnahmestellen Nr.	Rohwasserentnahmestelle	Probe Nr.	Oocysten /100 L	Trinkwasseraufbereitung	Risikofaktoren im Einzugsgebiet	Allgemeine Informationen bezüglich	
						Einzugsgebiet	Wetterbedingungen bei der Probenahme
6	Fluß Vodenitchniza	29	4	WW Zhilenzi	Jagdstationen, Wildzucht, Weideland, Veränderungen der Wasserqualität nach Schneeschmelze und Regenfällen	bewaldet, Osogovska planina	Nach Regenfällen
7	WW Zhilenzi	30	3			Hauptsächlich bewaldet	Nach Regenfällen
8	Fluß Bistriza	31	4	keine		bewaldet, Rila	Nach Regenfällen
10	Fluß Kasa	34	2	keine	Jagdstationen, Holzfällen, Trübungsvariationen	bewaldet, Stara planina	Nach Regenfällen
11	Fluß Goljama	11, 35	3, 3	keine	Zugang zu Zone I des TWSG durch Menschen und Tiere möglich	Bewaldet, Stara planina	Nach Trockenphase, nach Regenfällen
12	Fluß Shaboviza	12, 33	16, 15	keine	kein TWSZ, Zugang durch Menschen und Tiere möglich, Gebirgsherbergen ohne Kanalisation	bewaldet, Stara planina	Nach Trockenphase, nach Regenfällen
14	WW Slatina	36	13	WW Slatina	Erweitern des Einzugsgebietes	Hauptsächlich bewaldet, Stara planina	Bei heftigen Regenfällen
18	Fluß Bezimenna	17, 42	15, 6,7	WW Panagjuriste	Kein TWSZ, Weideland, Düngung, Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Schneeschmelze und Regenfälle	bewaldet, Sredna gora	Nach Trockenphase, nach Regenfällen
19	WW Panagjuriste	45	1,1				Nach Regenfällen

Entnahmestellen Nr.	Rohwasser-entnahmestelle	Probe Nr.	Oocysten /100 L	Trinkwasser-aufbereitung	Risikofaktoren im Einzugsgebiet	Allgemeine Informationen bezüglich	
						Einzugsgebiet	Wetterbedingungen bei der Probenahme
21	Fluß L.Jana	19, 43	35, 62,9	Uferfiltrat	Kein TWSZ, Weideland, Überschwemmungsrisiko, Viehhaltung und Beweidung, Düngung, Verschlechterung der Wasserqualität nach Schneeschmelze und Regenfällen, Variationen der Grundwasserqualität	gemischt, hügelige Wiesen	Nach Trockenphase, nach Regenfällen
22	Fluß Pepelasha	20, 47	56, 25	WW Pepelasha	Variationen der Grundwasserqualität; Fauna	bewaldet, Rodopi	Bei Schneebedeckung, nach Regenfällen
25	Fluß Krushovska	23, 46	17, 20	WW Laki	Verschlechterung der Grundwasserqualität; mikrobiologische Wasserqualität Kategorie A3; Jagdstation	bewaldet, Rodopi	Nach Trockenphase, nach Regenfällen
28	Fluß Chuprene	38	3	keine	Variationen/Verschlechterung der Grundwasserqualität	Bewaldet, Stara planina	Nach Regenfällen
30	Fluß Kraeviza	51	3	keine	n.d.	bewaldet, Stara planina	Nach Regenfällen
31	Fluß Vartjashka	52	4	keine	Einzelne Landhäuser ohne Kanalisation	bewaldet, Stara planina	Nach Regenfällen

Entnahmestellen Nr.	Rohwasser-entnahmestelle	Probe Nr.	Oocysten /100 L	Trinkwasser-aufbereitung	Risikofaktoren im Einzugsgebiet	Allgemeine Informationen bezüglich	
						Einzugsgebiet	Wetterbedingungen bei der Probenahme
32	Fluß Bolovandzhika	53	6	keine	Fauna	bewaldet, Stara planina	Nach Regenfällen
34	Fluß Krajna	55	2	keine	Weideland; Variation der Wasserqualität nach Schneeschmelze und Regenfällen; Fauna	bewaldet, Rila	Nach Regenfällen
35	Fluß Ibar	56	2	keine	Weideland; Fauna	Waldung, Rila	Nach Regenfällen
36	Fluß Iskrezka bei Quelle Pesta	57	6	keine	Keine TWSZ, Verstöße gegen die Gesundheitsvorschriften; Weideland; Fauna; Viehhaltung	Gemischt, Bergland Stara planina	Nach Regenfällen
44	WW Prevala	65	11	WW Prevala	Fauna	bewaldet, Rodopi	Nach Regenfällen
45	WW Hubtcha	66	5	WW Hubtcha	Verbindung zu Oberflächenwasser; Düngung; Schnelle Veränderungen der Rohwassertrübung nach Regenfällen und Schneeschmelze	bewaldet, Rodopi	Nach Regenfällen, erhöhte Wassertrübung
46	Fluß Iskrez	67	5	keine	Siedlung ohne Kanalisationsnetz; Variationen der Rohwassertrübung nach Regenfällen und Schneeschmelze	bewaldet, Rodopi	Nach Regenfällen

## 5 Interpretation der Rohwasserbelastungen durch pathogene Parasiten in den untersuchten Regionen und Empfehlungen von Maßnahmen zur Vermeidung oder Verhinderung

Die bisherigen Untersuchungen zeigten an keiner Untersuchungsstelle, die für eine Trinkwasserbereitstellung in den untersuchten Regionen genutzt werden, Kontaminationen mit *Giardia* Cysten.

Um auf mögliche Auswirkungen der festgestellten *Cryptosporidium*-Belastungen der beprobten Rohwässer auf die Trinkwasserqualität und sogar weiterführend auf potentielle Infektionen der Bevölkerung im betroffenen Versorgungsgebiet zu schließen, ist es zunächst notwendig, die angewandten Trinkwasser-Aufbereitungstechnologien, soweit vorhanden bzw. genutzt, und die Versorgungssysteme zu betrachten. Einen Überblick verschafft die Tabelle 33.

*Cryptosporidium* Oocysten wurden nicht in allen Oberflächenwasserproben der in der Pernikregion untersuchten Stellen gefunden.

In der Kjustendilregion wurden nur Oberflächenwasserquellen untersucht. Bei der zweiten Probenentnahme wiesen zwei Flüsse (Vodenitchniza und Bistriza) niedrige Oocystenkonzentrationen auf (4 Oocysten / 100 L). In der gleichen Periode war auch das im Wasserwerk Zhilenzi gesammelte Rohwasser beeinträchtigt (3 Oocysten / 100 L). Eine Beeinflussung durch andere, noch nicht untersuchte Inputströme in das Wasserwerk kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. Insofern ist ungewiss, ob der Vodenitchniza die einzige Quelle der Kontaminationen darstellt. Eine gründlichere Überwachung des Einzugsgebietes sollte angesichts des Mangels an Aufbereitungstechnologie des Rohwassers aus dem Fluß Bistriza und der Wahrscheinlichkeit einer erhöhten Oocystenbelastung in Ausnahmesituationen seitens der regionalen Gesundheitsbehörden dringend durchgeführt werden. Zudem sind weitere Untersuchungen auf *Cryptosporidium* durch NCPHP zu empfehlen. Sowohl die Schnellfiltration (in Verbindung mit Entstabilisierung bzw. Koagulation), als auch bzw. insbesondere die Langsamsandfiltration sind erfahrungsgemäß hinsichtlich der Entfernung von pathogenen Parasiten effizient genug, so dass bei hinreichender Pflege der Systeme am Wasserwerksausgang Zhilenzi keine Belastungen an pathogenen Parasiten zu erwarten sind. Die Belastungen des Flusses Bistriza können unter ungünstigen Bedingungen zu erhöhten Risiken der Trinkwasserversorgung führen. Die Durchführung von Maßnahmen (z.B. keine Direktentnahme des Rohwassers aus dem Fluß Bistriza für die Trinkwasserversorgung, sondern der Anschluss an eine Trinkwasseraufbereitung) ist dringend zu empfehlen.

**Tabelle 33.** Positive Rohwasserproben durch *Cryptosporidium* Oocysten und Aufbereitungstechnologie

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Entnahmestelle	Oocysten / 100 L	Aufbereitung (WW)	Aufbereitungs-technologie	Desinfektion	Risiken für die Trinkwasserversorgung
6	29	Fluß Vodenitchniza	4	WW Zhilenzi	2-stufig: Sedimentation und Schnellfiltration	Chlorgas	Das Flußwasser wird mit anderen Oberflächenwässern vermischt und dem WW Zhilenzi zugeleitet
7	30	WW Zhilenzi	3				
8	31	Fluß Bistriza	4	keine	-	Chlorgas	Hauptwasserquelle für einige Siedlungen Überschüssige Wässer werden der Talsperre Djakovo zugeleitet
						Natriumhypochlorit	Einzige Wasserquelle für ein Dorf
10	34	Fluß.Kasa	2	keine	-	Natriumhypochlorit	Das Wasser der Flüsse wird mit Wässern anderer Quellen vermischt
11	11, 35	Fluß Goljama	3, 3	keine			
12	12, 33	Fluß Shaboviza	16, 15	keine			
14	36	WW Slatina	13	WW Slatina	2- bis 3-stufig: Fällung/Flockung bei hoher Trübung, Sedimentation, Schnellfiltration (Siliziumsand)	Chlorgas	Keine weitere Mischung

Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Entnahmestelle	Oocysten / 100 L	Aufbereitung (WW)	Aufbereitungs- technologie	Desinfektion	Risiken für die Trinkwasserversorgung
18	17, 42	Fluß Bezimenna	15, 6.7	WW Panagju- riste	Vertikale Absetzbecken, Schnellfiltration	Chlorgas	Keine weitere Mischung
19	45	WW Panagjuriste	1,1				
21	19, 43	Fluß L.Jana	35, 62,9	-	Uferfiltrat	Natriumhypo- chlorit	Das Uferfiltrat wird direkt in des Versorgungssystem eingeleitet
22	20, 47	Fluß Pepelasha	56, 25	WW Pepelasha	Absetzbecken, Langsamfiltration	Natriumhypo- chlorit	
25	23, 46	Fluß Krushovska	17, 20	WW Laki	Möglichkeit von Fällung/Flockung, Schnellfiltration über Quarzsand	Natriumhypo- chlorit	Wasser wird noch nicht für die Trinkwasserversorgung genutzt, da das WW noch nicht in Betrieb ist.
28	38	Fluß Chouprene	3	keine	-	Chlorgas	Einspeisung in das Versorgungssystem nach Mischung mit Wasser aus anderen Flüssen
30	51	Fluß Kraeviza	3	keine	Sammelbehälter	Chlorgas	Mischung mit Wasser von Cherni Osam und Steneto
31	52	Fluß Vartjashka	4	keine	Sammelbehälter	Chlorgas	das Flußwasser wird vor Einspeisung mit einer weiteren Quelle vermischt
32	53	Fluß Bolovandzhika	6	keine	-	Chlorgas	das Flußwasser wird vor Einspeisung mit einer weiteren Quelle vermischt
34	55	Fluß.Krajna	2	keine	-	Chlorkalk	das Flußwasser wird vor Einspeisung mit einer weiteren Quelle vermischt



Probenahmeort Nr.	Probe Nr.	Entnahmestelle	Oocysten / 100 L	Aufbereitung (WW)	Aufbereitungs- technologie	Desinfektion	Risiken für die Trinkwasserversorgung
35	56	Fluß Ibar	2	keine	-	Chlorgas	das Flußwasser wird vor Einspeisung mit einer weiteren Quelle vermischt
36	57	Fluß Iskrezka bei Quelle Pesta	6	keine	-	Chlorgas	Nur das Quellwasser wird für Trinkwasserzwecke genutzt. Die gemessene Kontamination ist möglicherweise auf das Flußwasser zurückzuführen
44	65	WW Prevala	11	WW Prevala	Vertikale Absetzbecken, Schnellfiltration	Chlorgas	
45	66	WW Hubtcha	5	WW Hubtcha	Fällung mit Aluminiumoxychlorit und anschließender Schnellfiltration	Chlorgas	Nur Quellwasser
46	67	Fluß Iskrez	5	keine	-	Natriumhypochlorit	Das Wasser wird vor Einspeisung mit anderen Wasserressourcen vermischt

In der Montanaregion wurden ebenfalls nur Oberflächenwasserproben untersucht. Vier der untersuchten Stellen waren positiv für Oocysten (drei Einzugsgebiete und der Zulauf zum Wasserwerk Slatina). Zwei der untersuchten Flüsse, Kasa und Golema reka, waren gering belastet (< 5 Oocysten / 100 L), der Fluß Shabovitsa und der Wasserwerkszulauf hingegen waren höher belastet (13-16 Oocysten / 100L). Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muß bedacht werden, dass alle drei Einzugsgebiete, Kasa reka, Golema reka und Shabovitsa, Rohwässer darstellen, die für das Verteilungssystem der selben Siedlung genutzt werden. Die Wässer werden mit anderen, bisher nicht untersuchten Rohwasserressourcen, gemischt und direkt, nach der Desinfektion mit Natriumhypochlorit, in das Verteilungsnetz eingespeist. Es gibt keine Trinkwasseraufbereitungsanlagen. Zum Zeitpunkt der Probenahme waren diese anderen Rohwasserressourcen nicht erreichbar, so dass es schwierig ist, die Auswirkung auf das gesamte verteilte Wasservolumen des Verteilungsnetzes vorherzusagen. Das Verteilungsnetz wird daher als durch pathogene Parasiten gefährdet eingestuft. Ein umfassendes Bewertungsprogramm der Rohwasserquellen des gesamten Verteilungsnetzes sollte durch die regionalen Gesundheitsbehörden erfolgen und die weitergehende Untersuchung auf pathogene Parasiten sollte in einem darauf aufbauenden Untersuchungsprogramm dringend durchgeführt werden. Zudem sind Maßnahmen der Trinkwasseraufbereitung vorzusehen. Dies betrifft auch die vorhandenen Technologien im Wasserwerk Slatina an den Stand der Technik anzupassen und dauerhaft zu betreiben. Das Wasserwerk Slatina behandelt das Wasser der Talsperre Sretchenska bara, die das Wasser eines weiten Einzugsgebietes sammelt. Auch hier sollten weitere Untersuchungen auf stabile Formen von *Cryptosporidium* durchgeführt werden, um eine langfristige Datenaufnahme von Rohwasser- und Reinwasser zu ermöglichen. Dies erscheint notwendig bei Starkregen und bei erhöhter Trübung.

In der Pazardzhikregion wurden eine Grundwasser-Probenahmestelle und sechs Oberflächenwasser-Probenahmestellen untersucht. *Cryptosporidium* Oocysten wurden weder an den Entnahmestellen, im Wasserwerkeinlauf oder im Mischwasser des Wasserwerkes Velingrad gefunden.

Die Oberflächenwasserproben, die aus den Flüssen L.Jana (vgl. Bilder 11-13) und Bezimenna entnommen wurden, waren positiv auf Oocysten. Diese Ergebnisse bestätigen die Existenz konstanter Quellen von Oocysten in den Einzugsgebieten beider Flüsse. Die Belastung des Flusses L.Jana ist mit 35 und 62,9 Oocysten/100 L sehr hoch und wahrscheinlich auf die Viehweidehaltung zurückzuführen. Das Flußwasser wird jedoch nicht direkt für Trinkwasserzwecke genutzt, sondern die Entnahme des Rohwassers erfolgt über eine Uferfiltration. Der Mangel an Oocysten in beiden Wasserproben, die dem Uferfiltrat

entnommen wurden, zeigt die Effizienz der Elimination von pathogene Parasiten durch diese natürliche Filtration.

Die Kontamination des Flußes Bezimenna ist mit 15 und 6,7 Oocysten / 100 L niedriger als die des Flusses L.Jana. Die wahrscheinlichste Quelle ist in Anbetracht des bewaldeten Einzugsgebietes das Vorhandensein von infizierten Wildtieren. Aufgrund der beschränkten Anzahl von Proben kann im Ergebnis zunächst nur festgehalten werden, dass die Rohwasserressourcen der Region einer echten Gefährdung unterliegen und weitere Untersuchungen der Rohwasserqualität für weitergehende Aussagen benötigt werden. Die Funktionalität der Aufbereitungsstufen im WW Panagjuriste sollten überprüft werden. Insbesondere sollte die Zugänglichkeiten von Schutzzonen (insbesondere der Schutzzone I) durch die regionalen Behörden geprüft werden.

In der Plovdivregion wurden vier Oberflächenwasserstellen und eine Grundwasserstelle untersucht. Zwei der Oberflächenwasserstellen, die Flüsse Pepelasha und Krushovska, wiesen eine wiederholte *Cryptosporidium*-Kontamination auf, was auf das Vorhandensein einer permanenten Kontaminationsquelle hinweist, die wahrscheinlich auf Wildtiere in den bewaldeten Einzugsgebieten beider Flüsse zurückzuführen sind. Bezüglich der gemessenen Oocystenbelastung kann der Fluß Pepelasha als hoch belastet und der Fluß Krushovska als belastet bezeichnet werden. Das Rohwasser des Pepelasha wird im WW Studenez behandelt, das des Kruschovska im WW Laki und anschließend mittels Natriumhypochlorit desinfiziert. Das Wasserwerk Pepelasha ist mit einem Absetzbecken und einem Langsamfilter ausgestattet, von dem hinsichtlich der Eliminierung von pathogenen Parasiten eine ausreichende Effizienz erwartet werden kann. Das Wasserwerk Laki am Fluß Krushovska verfügt ebenfalls über Absetzbecken mit der zusätzlichen Möglichkeit der Verfahrensstufen Fällung/Flockung sowie Schnellfiltern. Das Wasserwerk ist noch nicht in Betrieb genommen worden. Beide Stellen werden zunächst als gefährdet eingestuft, eine Überwachung der Rohwasserqualität wird als notwendig errachtet. Zudem sollte die vorhandene Aufbereitungstechnologie des Wasserwerkes Laki auch genutzt werden.

In der Vidinregion wurden zwei Entnahmestellen von Oberflächenwasser für Trinkwasserzwecke untersucht. Die Proben wurden nur einmalig nach einer Regenphase entnommen. Nur die Probe des Flusses Chouprene war positiv auf Oocysten (3 Oocysten pro 100L). Das Rohwasser wird nicht weiter behandelt, aber es wird mit anderem Oberflächenwässern vermischt, bevor es desinfiziert und verteilt wird. Weitere Messungen sind notwendig, um eine eventuelle *Cryptosporidium* Belastung zu bestätigen, die im Einzugsgebiet auf Wildtiere zurückzuführen wäre.

In der Lovechregion wurden ausschließlich Oberflächenwasserproben entnommen. Die fünf untersuchten Wassereinzugsgebiete wurden einzeln beprobt. Drei von ihnen waren positiv auf *Cryptosporidium* Oocysten, wobei deren Konzentration als gering einzustufen sind. Das Wasser aller drei Flüsse wird nach einer Vermischung mit Wasser aus anderen Quellen nach Desinfektion mit Chlorgas, jedoch ohne Trinkwasseraufbereitung in das Versorgungssystem eingeleitet. Die Ergebnisse sollten Anlaß geben, weitere Probenentnahmen im Rahmen eines präziseren Untersuchungsprogramm durchzuführen.

In der Sofiaregion wurden Trinkwasserquellen, Oberflächen- und Grundwässer untersucht. Beide Oberflächenproben und die gemischte Probe waren in einem geringen Ausmaß mit *Cryptosporidium* Oocysten kontaminiert und können als nicht belastet bezeichnet werden. Die beschränkten Daten, die auf eine Rohwasserverschmutzung hindeuten, müssen weiter untersucht werden, um zu klären, ob es sich nur um ein sporadisches Ereignis handelte. Dies gilt auch im Hinblick auf die Tatsache, dass beide Entnahmeanlagen nach der Mischung nur nach einer Desinfektion genutzt werden. Das gleiche gilt für den Wasserauffangraum um die Quelle Pesta. Trotzdem ist das Mischwasser für DWS nicht repräsentativ, das Vorhandensein von Oocysten im Rohwasser des Karstgebiets deutet auf ein gewisses Risiko für die Grundwasserquelle hin und muss weiter untersucht werden.

Die Kardzhalieregion wird durch Karstgebiete gekennzeichnet, deren Grundwässer empfindlich gegenüber vorhandenen Kontaminationsquellen oder nicht-legalen Handlungen sind, so dass ein gewisses Risiko auf Grundwasserverschmutzung besteht. Es wurden ausschließlich Rohwasserproben aus Grundwasserbrunnen entnommen, deren Wasser nach Desinfektion für Trinkwasserzwecke genutzt wird. Alle entnommenen Proben waren negativ auf Oocysten.

Unter den in der Smoljanregion untersuchten Entnahmestellen befanden sich drei Grundwasserquellen und zwei Stellen, an denen Oberflächenwasser gesammelt wird. *Cryptosporidium* Oocysten wurden in beiden Oberflächenproben und in der Karstquelle Hubtcha nachgewiesen. Da die Einzugsgebiete hauptsächlich aus Wald bestehen, kann von Wildtieren als Kontaminationsquelle ausgegangen werden. Zwei Probenahmen wurden am Wasserwerkseingang durchgeführt, deren Rohwässer belastet waren, deren Aufbereitungstechnologien jedoch als ausreichend für die Elimination der Oocysten angesehen werden kann. Dennoch wird eine wiederholte Überwachung von Roh- und Reinwasser empfohlen. Auch der Fluß Iskrezka war positiv auf Oocysten. Da dieses Wasser aus einer Mischung mit anderem Oberflächenwasser besteht, können keine Schlussfolgerungen über die tatsächliche Belastung ohne Informationen bezüglich der

Qualität der nicht-untersuchten Quellen und des Mischverhältnisses gemacht werden. Die Ergebnisse müssen als indikativ für weitere Untersuchungen betrachtet werden.

In der Slivenregion wurden vier Oberflächenwasserprobestellen und eine Stelle, an der eine Mischung aus Fluß- und Quellwasser gesammelt wird, untersucht. *Cryptosporidium* Oocysten wurden trotz der bestehenden Anzeichen für eine mikrobiologische Verschmutzung und einer erhöhten Trübung in keiner der Proben nachgewiesen.

Grundsätzlich muss darauf hingewiesen werden, die näheren Einzugsgebiete von Rohwasserfassungen als Schutzzonen auszuweisen, wo dies bisher noch nicht hinreichend geschehen ist, bzw. die Nutzungs-, und Zutrittsbeschränkungen innerhalb der Schutzzonen zu beachten! Dies wird offensichtlich nicht immer in gebotener Weise beachtet. Wird der Schutz der Rohwasserressourcen hingegen gewährleistet, ist auch mit Kontaminationen durch pathogene Parasiten nicht regelmäßig zu rechnen.

Rohwasserressourcen, deren Schutz vor Kontaminationsquellen nicht gewährleistet werden kann, sollen nur dann für Trinkwasserzwecke genutzt werden, wenn eine ausreichende Aufbereitung durch technische Maßnahmen gewährleistet werden kann. Für „normale“ Belastungskonzentrationen durch pathogene Parasiten ist auch eine „normale“ Trinkwasseraufbereitung mit den Verfahrenstufen Sedimentation, Koagulation, Filtration (Schnell- oder Langsamfiltration) i.d.R. ausreichend. In diesem Zusammenhang muss wieder darauf aufmerksam gemacht werden, die vorhandene Technologie auch zu nutzen. Spitzenbelastungen durch Schneeschmelzen oder heftige Niederschläge kann man nur durch weitergehende Technologien, wie z.B. Mikrofiltration, begegnen (vgl. Tabelle 34). Der Schutz der Rohwasserressourcen ist dem Einsatz von teuren Hochtechnologien in jedem Fall vorzuziehen. Die Vermeidung von Verunreinigungen an ihrem Entstehungsort ist immer die effektivste Maßnahme zur Sicherung einer einwandfreien Versorgung.

**Tabelle 34.** Wichtige Desinfektionsverfahren<sup>7</sup> der Trinkwasseraufbereitung im Zusammenhang mit der Elimination von pathogenen Parasiten

Verfahren	Erläuterungen	Elimination von pathogenen Parasiten
Chlor- und Chlordioxid-Einsatz	Chlor und Chlordioxid oxidieren die Zellwand von Mikroorganismen, darüber hinaus auch organische Inhaltsstoffe. Die Cysten und Oocysten von Giardien und Cryptosporidien werden jedoch nicht hinreichend abgetötet! Durch die Oxidation mit Chlor können andere Probleme aufgrund organischer Inhaltsstoffe (Farbe,	nein

<sup>7</sup> Die Desinfektion sorgt für die Beseitigung oder Abtötung eines Großteils von Mikroorganismen. Nicht alle Bakterien werden vernichtet (keine Sterilisation).

Verfahren	Erläuterungen	Elimination von pathogenen Parasiten
	Geruch) beseitigt werden, dabei entstehen aber Trihalogenkohlenwasserstoffe (THM). Chlor wird entweder direkt in die Leitung dosiert oder in den Vorratstank, wo es vermischt werden muss	
Mikrofiltration	Mikrofiltration basiert auf physikalischer Filtration durch Poren, die kleiner als 0,2 µm sind. Mit Hilfe von Keramik oder A-Kohle-Blöcken dient dieses Verfahren vor allem der Abtrennung von Mikroorganismen. Keramikfilter haben den Vorteil, dass diese mehrfach rückgespült und regeneriert werden können,	ja
Ozon-Einsatz	Ozon wird vor allem in größeren Aufbereitungsanlagen eingesetzt.; es gibt aber auch eine wachsende Zahl an Verfahren, wo Ozon in privaten oder kleinen gewerblich betriebenen Anlagen zum Einsatz kommt. Ozon oxidiert organische Stoffe ähnlich wie beim Einsatz von Chlor . Ein Ozongenerator oxidiert Sauerstoff zu O <sub>3</sub> , also zu Ozon. Ähnlich wie beim Chlor, ist eine ausreichende Kontaktzeit wichtig. Um dies zu garantieren, ist gewöhnlich ein Vorratstank erforderlich. Ozon ist ebenfalls wie Chlor effektiv einsetzbar gegen Bakterien (Coliforme, Legionellen usw.). Ozon weist auch ein gewisses Inaktivierungspotential gegenüber Parasiten-Dauerformen mit stabiler Zellwand (Cryptosporidien, Giardien) auf, das seinen Einsatz bei der Trinkwasserdesinfektion auch gegenüber Cryptosporidien und Giardien als praktikabel erscheinen lässt. Für eine optimierte praktische Anwendung, auch im Hinblick auf die Minimierung der Bromatbildung, reichen die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse und Modellansätze allerdings noch nicht aus.*	(nein)
UV-Bestrahlung	UV-Verfahren nutzen Lampen, welche sich im zu benandelnden Wasser befinden. Das UV-Licht zerstört vor allem das genetische Material der Mikroorganismen, wodurch deren Vermehrung unterbunden wird. Die bisher veröffentlichten Angaben zur Inaktivierung von Cryptosporidien und Giardien mittels UV-Desinfektion erscheinen Erfolg versprechend. Eine eindeutige Bewertung ist bislang jedoch nicht möglich, da die Bestrahlung häufig nicht zuverlässig quantifiziert wurde und die Wirkungsweise einiger neu entwickelter Verfahrensvarianten noch nicht ausreichend geklärt ist. Hier besteht dringender Bedarf, die vorliegenden Ergebnisse mit geeigneten Methoden zu verifizieren und Gewissheit darüber zu erhalten, ob Parasiten durch UV-Desinfektion entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 294 sicher inaktiviert werden können.*	(nein)

vgl. RÖDELSPERGER, M. & ROHMANN, U. (1999): Cryptosporidien und Giardien - Rohwasserbehandlung durch Inaktivierungs- und Filtrationsverfahren (Literaturstudie).

## 6 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen von Grund- und Oberflächenwasserproben als Rohwässer für Trinkwasserzwecke in verschiedenen Versorgungsgebieten Bulgariens zeigen, neben mikrobiologischen Belastungen, Kontaminationen durch *Cryptosporidium* Oocysten in z.T. erhöhten Konzentrationen an. Dies bezieht sich insbesondere auf Oberflächenwässer. In

einigen Versorgungsgebieten sollte die vorhandene Aufbereitungstechnologie ausreichen, um diese Kontaminationen zu eliminieren. Andere Versorgungsgebiete verfügen über keine oder keine ausreichende Trinkwasseraufbereitungstechnologie, so dass befürchtet werden muß, dass die gemessenen Rohwasserbelastungen in das Trinkwasser gelangen und somit Infektionen der betroffenen Bevölkerung auslösen können.

Neben der Nachmessung verschiedener Probenahmestellen bzw. der Vervollständigung von Messungen an Rohwässern in verschiedenen Einzugsgebieten auf pathogene Parasiten, wird empfohlen, das Messprogramm auf weitere Regionen auszudehnen, deren Rohwässer von den regionalen Gesundheitsämtern als gefährdet eingestuft worden sind.

Zudem sollten die Reinwässer (Trinkwässer), deren Rohwässer als belastet gemessen wurden und bei denen eine Trinkwasseraufbereitung nicht oder nur unzureichend erfolgt, ebenfalls in das Untersuchungsprogramm aufgenommen werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Uferfiltrate nicht durch pathogene Parasiten belastet sind. Insofern ist für jeden Einzelfall zu prüfen, inwieweit die Direktentnahme von Oberflächengewässern für Trinkwasserzwecke durch Uferfiltration ersetzt werden kann. Läßt die Geologie dies nicht zu, müssen, soweit auf kontaminierte Entnahmestellen für die Trinkwasserversorgung nicht verzichtet werden kann, entsprechende Trinkwasseraufbereitungsstufen errichtet werden.

## 7 Zusammenfassung

Das Ziel der Untersuchungen war, das Auftreten von *Cryptosporidium* and *Giardia* in bulgarischen Rohwasserquellen zu untersuchen, die durch die Auswertung von Fragebögen und Interviews von den regionalen Gesundheitsbehörden als gefährdet (at risk) eingestuft wurden.

Die Untersuchung wurde im Zeitraum zwischen Oktober 2008 und Juli 2009 bei zwei verschiedenen Wetterlagen durchgeführt – nach einer längeren Trockenphase und bei Regenfällen bzw. Schneeschmelzen.

Es wurden insgesamt 74 Rohwasserproben an 53 Stellen in Trinkwassereinzugsgebieten entnommen. Alle Proben wurden neben physikalischen und mikrobiologischen Parametern auf *Cryptosporidium* und *Giardia* Oo/Cysten untersucht, wobei die Analyse entsprechend dem modifizierten ISO 15553:2006 Standard erfolgte. Alle 74 Proben (100%) waren negativ auf *Giardia* Cysten. Eine plausible Erklärung hierfür liegt in der Tatsache, dass *Giardia* häufiger in Wasserquellen zu finden sind, die erheblich durch kommunale Abwässer belastet

sind. Dies war in der vorliegenden Analyse nicht der Fall, da sich eine Vielzahl der untersuchten Oberflächenwasserentnahmestellen und deren Auffangräume in hochgelegenen Gebirgsregionen befanden und daher nicht durch Abwässer verschmutzt sind.

*Cryptosporidium* Oocysten wurden in 8 von 11 Regionen des Landes bzw. an (22 von 53 = 41,5 %) der Entnahmestellen gefunden. Der Großteil dieser positiven Resultate wurde in Oberflächenwasserproben nachgewiesen (20 von 22 Stellen). Bei Nachbeprobungen an den gleichen Probenahmestellen konnten stabile Kontaminationen nachgewiesen werden, so dass davon ausgegangen werden kann, dass hier erhöhte Risiken für die Trinkwasserversorgung bzw. dauerhafte Kontaminationen bestehen. Ca. die Hälfte des positiv auf *Cryptosporidium* getesteten Rohwassers aus Oberflächengewässern wird - erst nach einer Trinkwasseraufbereitung oder Bodenpassage (als Uferfiltrat) - der Trinkwasserversorgung zur Verfügung gestellt. Alle gemessenen Uferfiltrate weisen keine *Cryptosporidium*-Kontamination auf.

Die andere Hälfte (11 Probenahmestelle) der untersuchten Flußentnahmeeinrichtungen werden direkt und ohne weitere Behandlung in das Trinkwasserversorgungssystem gespeist. Die Nutzung als Trinkwasser erfolgt jedoch nach einer Desinfektion mit chlorhaltigen Mitteln. Die durchschnittliche Oocystenbelastung dieser Rohwasser liegt bei 2-6 Oocysten/100 L. Eine höhere Konzentration (16 Oocysten/100 L) wurde einmal gemessen.

An mehr als der Hälfte der untersuchten Stellen (31 von 53 = 58,5%) wurden keine positiven Resultate (keine umweltstabilen Formen beider Parasiten) erzielt. Dies bezieht sich auch auf die drei Regionen Pernik, Sliven und Kardzhali. In zwei dieser Regionen wurden vor allem Oberflächenwasserproben entnommen, in der Dritten hingegen wurde nur Grundwasser in Karstgebieten untersucht.

Als Ursachen für Kontaminationen von pathogenen Parasiten kommen Weidelandbewirtschaftung durch Schafe, Kühe und Ziegen und das Vorkommen von Wildtieren in Waldgebieten, die bis an die ungeschützten Rohwasserressourcen gelangen können im Betracht. Immer dort, wo der Ressourcenschutz versagt (in Kombination mit fehlender technischer oder natürlicher Aufbereitung wie Bodenpassage / Uferfiltrat), wurden pathogene Parasiten im Wasser nachgewiesen.

Eine wissenschaftlich fundierte Bewertung der bisherigen Ergebnisse zur Belastungssituation von Rohwässern für die Trinkwasserversorgung von Bulgarien durch pathogene Parasiten ist in diesem Stadium kaum möglich, da die Bewertungskriterien z.B. der EPA eine wesentlich höhere Anzahl von Untersuchungsergebnissen (für die jeweiligen Rohwasserressourcen)

benötigen. Unter Hinzuziehung von Bewertungskriterien einer deutschen Studie aus dem Jahr 2000 hinsichtlich der Einstufung von Konzentrationsbereichen von pathogenen Parasiten in Wässern können die Rohwässer aus den bisherigen Ergebnisse in Bulgarien als hauptsächlich nicht belastet, z.T. belastet und in Einzelfällen als hoch belastet beschrieben werden. In diesen vereinzelt betroffenen Versorgungsgebieten sollte untersucht werden, ob entsprechende pathogen wirkende Konzentrationen auch im Trinkwasser vorkommen.

Die bisherigen Ergebnisse erfordern Handlungsbedarf in Form von zusätzlichen Untersuchungen weiterer als verdächtig eingestuften Wassereinzugsgebiete für die Trinkwasserversorgung und von Wiederholungsmessungen bei bisher nicht eindeutigen Ergebnissen. Z.T. reichen die bisherigen Untersuchungen jedoch aus, um weiteren Handlungsbedarf regional ausschließen zu können bzw. in Einzelfällen bereits jetzt notwendig zu machen. Dies bezieht sich auf die Information der potentiell betroffenen Bevölkerung sowie auf Ersatz- bzw. Sicherungsmaßnahmen an bzw. oberhalb den/der Rohwasserentnahmestellen. Als Mindeststandard bei der Entnahme von Oberflächengewässern für die Trinkwasserversorgung sollte sich, soweit praktikabel, die Uferfiltration durchsetzen.

Wegen der sehr kurzen Projektdauer sind aufgrund der beschränkten Datenlage bzw. Probenahmen an den einzelnen Probenahmestelle noch keine Aussagen über allgemeingültige Zusammenhänge möglich. Nur 39,6% der Rohwasserentnahmestellen konnten in Wiederholungsmessungen aufgrund des Untersuchungsprogramms beprobt werden, während der Großteil von 60,4% nur einmalig beprobt werden konnte. Die gewonnen Erkenntnisse sind insofern beschränkt. Sie sollen aber dahingehend bewertet werden, daß die Belastung mit Oocysten nicht ausgeschlossen werden kann, sondern weitergehend Hinweise auf risikobehaftete Rohwasserquellen für die Trinkwasserversorgung gibt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen eindeutig, dass das Vertrauen auf anthropogen unbeeinflusste Rohwasserressourcen aus der unberührten Natur der Berglandschaften Bulgarien für eine nachhaltige Trinkwasserversorgung der Bevölkerung an trinkwasserhygienische Grenzen stößt, wenn auch der Einfluß menschlicher Siedlungsabwässer auf die Trinkwasserqualität nicht so hoch scheint, wie in anderen Ländern Europas. Dies bedeutet, dass auch in Bulgarien verstärkt eine Überwachung und Steuerung der Trinkwasserressourcen in den verschiedenen Einzugsgebieten notwendig sind, um eine einwandfreie Trinkwasserversorgung der Bevölkerung jetzt und in Zukunft gewährleisten zu können.

# Verzeichnisse

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1.</b> Parameter und technische Kenngrößen Model Combo HI 98129 .....	18
<b>Tabelle 2.</b> Parameter und technische Kenngrößen Model HI 93703.....	19
<b>Tabelle 3.</b> Evaluationskriterien der mikrobiologischen Parameter gem. Vorschrift 12/2002. 21	
<b>Table 4.</b> Wetterbeobachtungen während der Probenahmen .....	24
<b>Tabelle 5.</b> Trinkwasserrelevanz von Giardia intestinalis und Cryptosporidium parvum gemäß WHO .....	28
<b>Tabelle 6.</b> Beschreibung der Probenahmeorte und -punkte .....	30
<b>Tabelle 7.</b> Qualität der Proben aus der Region Pernik bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter .....	36
<b>Tabelle 8.</b> Qualität der in der Region Pernik entnommen Proben bezüglich physikalischer Parameter.....	38
<b>Tabelle 9.</b> Qualität der in der Region Kjustendil entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	43
<b>Tabelle 10.</b> Qualität der in der Kjustendilregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter .....	44
<b>Tabelle 11.</b> Qualität der in der Montanaregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	50
<b>Tabelle 12.</b> Qualität der in der Montanaregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter .....	52
<b>Tabelle 13.</b> Qualität der in der Pazardzhikregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	57
<b>Tabelle 14.</b> Qualität der in der Pazardzhikregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter .....	59
<b>Tabelle 15.</b> Qualität der in der Region Plovdiv entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	67
<b>Tabelle 16.</b> Qualität der in der Plovdivregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter.....	68

<b>Tabelle 17.</b> Qualität der in der Region Vidin entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	72
<b>Table 18.</b> Quality of the samples taken in Vidin region on physical parameters .....	73
<b>Tabelle 19.</b> Qualität der in der Lovechregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	77
<b>Tabelle 20.</b> Qualität der in der Lovech region entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter.....	78
<b>Tabelle 21.</b> Qualität der in der Sofiaregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischen Parameter .....	83
<b>Tabelle 22.</b> Qualität der in der Sofiaregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter.....	84
<b>Tabelle 23.</b> Qualität der in der Kardzhaliregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	88
<b>Tabelle 24.</b> Qualität der in der Kardzhaliregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter .....	89
<b>Tabelle 25.</b> Qualität der in der Smoljanregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischer Parameter.....	94
<b>Tabelle 26.</b> Qualität der in der Smoljanregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter .....	95
<b>Tabelle 27.</b> Qualität der in der Slivenregion entnommenen Proben bezüglich mikrobiologischer und parasitologischen Parameter .....	99
<b>Tabelle 28.</b> Qualität der in der Slivenregion entnommenen Proben bezüglich physikalischer Parameter.....	100
<b>Tabelle 29.</b> <i>Cryptosporidium</i> -positive Entnahmestellen und Proben .....	103
<b>Tabelle 30.</b> Art der Entnahmestelle, Oocystenbelastung und Nutzungsbedingungen für Trinkwasserzwecke .....	106
<b>Tabelle 31.</b> Definition von Belastungsbereichen für Parasitendauerformen (eingestuft nach Mittelwerten; nach Bischoff und Feuerpfeil, 2000).....	107
<b>Tabelle 32.</b> Übersichtstabelle zu Rohwasserentnahmestellen, Trinkwasseraufbereitung und Risikofaktoren im Wassereinzugsgebiet .....	109

**Tabelle 33.** Positive Rohwasserproben durch *Cryptosporidium* Oocysten und  
Aufbereitungstechnologie..... 113

**Tabelle 34.** Wichtige Desinfektionsverfahren der Trinkwasseraufbereitung im  
Zusammenhang mit der Elimination von pathogenen Parasiten ..... 119

## Bilderverzeichnis

Bild 1. Beispiel einer Probenahme des Wassers über Filta-Max Foamfilter .....	22
Bilder 2 und 3. Beispiele für natürlicherweise vorkommende (Bild 2) und ColorSeed behandelte (Bild 3) Cryptosporidium Oocysten betrachtet unter FITC, DAPI und Texas Red (x 400).....	23
Bild 4. Beispiele von Cryptosporidium and Giardia (Oo)cysts (x 400) betrachtet unter FITC und DAPI Filtern .....	29
Bild 5. Fluß Bistritsa .....	39
Bild 6. Reservoir Djakovo.....	40
Bild 7. Talsperre Sretchenska bara .....	46
Bild 8. Probenahmeort 14 am Einlauf zum Wasserwerk Slatina.....	47
Bild 9. Probenahme aus dem Sammelschacht des Rohwassers aus dem Fluß Shabovitsa ....	48
Bild 10. Entnahmestelle am Fluß Bezimenna.....	55
Bilder 11-13. Näheres Einzugsgebiet des Flusses L.Jana.....	56
Bild 14. Probenahme am Fluss Pepelasha (Mikrobiologie).....	60
Bild 15a. Probenahme am Fluß Cinar Dere .....	61
Bild 15b. Einzäunung der Trinkwasserschutzzone der Uferfiltratbrunnen P.Evtimovo (Plovdiv).....	61
Bilder 15c-e. Uferfiltratpumpstation P.Evtimovo .....	62
Bild 16. Fluß Tamreshka (Einlaufstelle für das Wasserwerk Hrabrino).....	62
Bild 17. Überblick über die Umgebung/Einzugsgebiet des Flusses Krshuvska bzw. die Region um die Stadt Laki (vgl. auch WW Laki) .....	63
Bild 18 und 19. Wasserwerk Laki.....	65
Bild 20. Wildtiere auf dem Weg zur Wasserentnahmestelle .....	70
Bild 21. Entnahmestelle aus dem Fluß Chuprene in der Region Vidin.....	71
Bild 22. Bolovandzhika Fluß.....	76
Bild 23. Instandsetzungsarbeiten am Bolovandzhika Fluß nach heftigen Unwettern.....	76
Bild 24. Probenahme am Fluß Krajna in der Region Sofia.....	80

Bild 25. Probenahmestelle am Fluß Ibar in der Region Sofia .....	81
Bild 26. Auf dem Weg zur Pumpstation Krajna .....	92
Bild 27. Entnahmestellen mit positive Ergebnissen für <i>Cryptosporidium</i> oocysts in beiden Probenahmeperioden .....	104
Bild 28. Probenahmeorte mit positiven Ergebnis für <i>Cryptosporidium</i> Oocysten in der zweiten Probenahmeperiode.....	105

## Literaturverzeichnis

- Bischoff, K., & Feuerpfeil, I. (2001). Belstungen von Trinkwassertalsperren und ihrem Einzugsgebiet mit Parasiten (Cryptosporidium-Oocysten und Giardia-Cysten) und ausgewählte potentiell pathogene Bakterien als hygienisches Risiko bei der Trinkwasseraufbereitung. *Umweltmedizinischer Informationsdienst* (Nr. 1), S. 3-11.
- Carmena, D., Aguinagaldex, X., Zigorraga, C., Fernandez-Crespo, J., & Ocio, J. (2007). Presence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts in drinking water supplies in northern Spain. *Journal of applied microbiology* , 102 (3), S. 619-629.
- Dieter, H., Gopina, G., Kambourova, V., Mulisch, H.-M., & Vasiliev, K. (2006). *Drinking water derogations on chemical parameters. Recommendation on health risk assessment*. Sofia: NCPHP.
- EPA. (2005). *Method 1623: Cryptosporidium and Giardia in Water by filtration /IMS/FA*.
- Janithschke, K. (1999). Parasitäre Zoonosen. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr* , 106(8), S. 358-361.
- Juraneck, D. (1995). Cryptosporidiosis sources of infection and guidelines for prevention. *Clinical Infectious Diseases* , 21 (Suppl.1), S. 57-61.
- Kanaris, P., Papadopoulou, C., Kimura, A., Economou, E., Kourenti, C., & Sakkas, H. (2002). Cryptosporidium and Giardia in natural, drinking, and recreational water of northwestern Greece. *Acta hydrochim. Hydrobiol.* ((30) 1), S. 49-58.
- King, B., & Monis, P. (Mar. 137 (Pt 3) 2007). Critical Processes affecting Cryptosporidium oocyst survival in the environment. *Parasitology* , S. 309-23.
- Kistemann, T., Classen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R., Gebel, J., et al. (2002). Microbial Load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Applied and Environmental Microbiology* , Vol 68 (5), S. 2188-97.
- Plutzer, J., Takó, M., Márialigeti, K., Törökné, A., & Kanaris, P. (2007). First investigations into the prevalence of Cryptosporidium and Giardia spp. in Hungarian drinking water. *Journal of water and health* , Vol 5 (No 4), S. 573-584.
- Rose, J., Huffmann, D., & Gennaccaro, A. (2002). Risk and control of waterborne Cryptosporidiosis. *FEMS Microbiology Reviews* (26), S. 113-23.
- WHO. (2008). *Guidelines for drinking-water quality [electronic source]: Incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1 , Recommendations. - 3rd ed.* Geneva.

## Anhang

## Anhang 1 Fragebogen 1 (englisch)

### QUESTIONNAIRE No 1

**for identification of surface water sources, used for drinking water supply, at risk concerning the presence of environmental stable forms (oocyst/cyst) of parasites**

No	Surface water source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
1	2	3	4
1	Direct water abstraction from river/stream <sup>3)</sup>	yes/no (if „yes“ – name of the river/stream)	
2	Water abstraction from reservoir <sup>4)</sup>	yes/no (if „yes“ – name of the reservoir and of the feeding river/stream)	
		average storage duration of the water in the reservoir (days)	
3	Water abstraction from lake or other source	yes/no (if „yes“ – describe and give the name of the source)	
4	Supplied settlement/s	List the settlements that are supplied permanently and/or seasonally	
5	Water catchment area surface	data from the Basine Directorate	
6	Availability of TWSZ (water protection zone)	yes/no	
<p><sup>1)</sup> Only the point to which (1, 2 or 3) belongs the water source has to be filled in.</p> <p><sup>2)</sup> If necessary additional data have to be given as remark in column 4.</p> <p><sup>3)</sup> Point out in the answer in case of more than one water source with common storage reservoir.</p> <p><sup>4)</sup> In case of reservoirs the contribution of inlet rivers/streams has to be considered.</p>			
7	Infringements/presence of objects in contradiction to the sanitary regime in the TWSZ detected during the last two years that could pose risk to worsen the microbiological water quality	yes/no (if „yes“ – describe and list the activities/subjects that are in contradiction with the regime in the TWSZ)	

No	Surface water source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
8	Point of discharge of treated waste waters from settlements (with WWTP) before the water abstraction point	yes/no (if „yes“ – give the population served by WWTP and the distance (km) between the point of discharge and the water abstraction point)	
9	Point of discharge of untreated waste waters from settlements (without WWTP) before the water abstraction point	yes/no (if „yes“ – list the name of the settlement and the distance (km) between the point of discharge and the water abstraction point)	
10	Settlements or seasonal villages, close to the water body, without municipality sewer system, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ – describe and list the name)	
11	Animal farming (cattle, sheep, pig) close to the water body, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ – describe, give the number of farms and total number of animals)	
12	Slaughterhouse close to the water body, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ – describe)	
13	Poultry farming / breeding of ducks, geese close to the water body, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ – describe, give the number of farms and total number of animals)	
14	Hunting farm and/or game breeding close to the water body, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ – describe and give the total number of animals)	
15	Livestock grazing along the river/stream and/or close to the reservoir, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ describe – intensive or limited)	
16	Slurry spreading/ dung spreading / sewage sludge from WWTP application on arable land or meadows close to the water body, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ describe – intensive or limited, and location)	

No	Surface water source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
17	Dung or slurry storage close to the water body, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if „yes“ – give the number and location)	
18	Livestock markets non connected to the sewage system of the	yes/no (if „yes“ – give the number and location)	
19	Presence of monitoring point according to Regulation 12/2002 on surface waters used for drinking water abstraction	yes/no (if „yes“ describe the location and answer question 20 - 29)	
20	Raw water samples analyzed in 2006 and 2007 on parameter suspended solids	year, number	
21	Values of the parameter suspended solids (mg/l) for 2006 and 2007	year, average and maximum value	
22	Raw water samples analyzed in 2006 and 2007 on parameter ammonia	year, number	
23	Values of the parameter ammonia (mg/l) for 2006 and 2007	year, average and maximum value	
24	Raw water samples analyzed in 2006 and 2007 on total coliforms	year, number	
25	Values of the parameter total coliforms (number/100 ml) for 2006 and 2007	year, individual values	
26	Raw water samples analyzed in 2006 and 2007 on fecal coliforms	year, number	
27	Values of the parameter fecal coliforms (number/100 ml) for 2006 and 2007	year, individual values	
28	Raw water samples analyzed in 2006 and 2007 on fecal streptococci	year, number	
29	Values of the parameter fecal streptococci (number/100 ml) for 2006 and 2007	year, individual values	
30	Raw water samples and tap water (from the relevant water supply zone), analyzed in 2006 and 2007 on the parameter <i>Cl.perfringens</i>	year, total number of raw water samples, number of positive samples (>0 / 100 ml)	
		year, total number of tap water samples in the water supply zone, number of positive samples (>0 / 100 ml)	

No	Surface water source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
31	Values of the parameter <i>Cl.perfringens</i> (CFU/100 ml) for 2006 and 2007 in raw water and tap water samples	year, individual values of raw water samples; give particulars in case of (> 0/100 ml)	
		year, individual values of tap water samples in the water supply zone; give particulars in case of (> 0/100 ml)	
32	Variations or worsening of the raw water quality on turbidity and/or microbiological parameters during the last two years	yes/no  (if „yes“ – define the parameter, the frequency – permanent or episodic, and the possible reason – heavy rainfalls, snow melting, etc.)	
33	Water usage disruption during the last two years due to considerable water quality problems	yes/no  (if „yes“ – year, describe the case and the reason)	
<b>Water treatment and disinfection (to be filled in where appropriate and in association with the above described water source)</b>			
34	Presence of WW (drinking water treatment plant)	yes/no	
35	Name/location	describe	
36	Kind of water treated	surface, groundwater, mixed - describe	
37	Settlements served	list	
38	Population served	number	
39	Maximum design capacity of the WW		
40	Average volume, treated daily		
41	Treatment scheme	short description of the treatment steps	
42	Working scheme of the WW	describe: continuous, intermittent, by necessity, in emergency conditions only)	
43	Is they a practice to deliver water to the distribution system bypassing the WW	yes/no  (if „yes“ – permanent / incidental)	
44	Effective lapses in the work of the treatment facilities	yes/no  (if „yes“ - describe shortly)	
45	Cases with suddenly changes of the water quantity entering the WW	yes/no  (if "yes"- describe)	

No	Surface water source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
46	After backwash the filtering material does not run to waste, but is reused in the cycle	yes/no	
47	Filters backwash water is recycled and enters the treatment cycle at the very beginning	yes/no (if "yes" what is the particular rate considering the entire backwash volume)	
48	Filters backwash water is recycled and enters the treatment cycle at any other stage	yes/no (if "yes" what is the stage and the particular rate considering the entire backwash volume)	
49	Sludge supernatant is recycled and enters the treatment cycle at the very beginning	yes/no (if "yes" what is the particular rate considering the entire backwash volume)	
50	Sludge supernatant is recycled and enters the treatment cycle at any other stage	yes/no (if "yes" what is the stage and the particular rate considering the entire backwash volume)	
51	Disinfection method / effectiveness/ effective lapses	describe and qualify	
52	Monitoring of the water quality entering the WW on parameters turbidity, <i>E.coli</i> , <i>Cl.perfringens</i>	yes/no list the parameters and the frequency	
53	Raw water monitoring data on parameters: turbidity, <i>E.coli</i> , <i>Cl.perfringens</i>	average and maximal values of the parameters for 2007	

Additional comments (if necessary):

Contact details:

## Anhang 2 Fragebogen 2 (englisch)

### QUESTIONNAIRE No 2

**for identification of groundwater sources, used for drinking water supply, at risk concerning the presence of environmental stable forms (oocyst/cyst) of parasites**

	Groundwater source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
1	2	3	4
1	Non-confined groundwater sources (shallow wells, boreholes etc.) <sup>3)</sup>	name and short description – depth, debit, geological conditions etc.	
2	Water sources located in river banks	name, river and short description	
3	Other groundwater sources (karst spring, drainage, or other risky water abstraction constructions)	name and short description – depth, debit, geological conditions etc.	
4	Settlement supplied	name	
5	Data on connection with non-confined groundwater aquifer or surface waters	yes/no (if “yes” – short description)	
6	Availability of TWSZ (water protection zone)	yes/no	
7	Infringements/presence of objects in contradiction to the sanitary regime in the TWSZ detected during the last two years that could pose risk to worsen the microbiological water quality	yes/no (if „yes” – describe and list the activities/subjects that are in contradiction with the regime in the TWSZ)	
8	Well, borehole or others subject of flooding during the last two years	yes/no (if "yes" describe details)	
<sup>1)</sup> Only the point to which (1, 2 or 3) belongs the water source has to be filled in. <sup>2)</sup> If necessary additional data have to be given as remark in column 4. <sup>3)</sup> Point out in the answer in case of more than one water source with common storage reservoir.			
9	Poor casing integrity of the water abstraction construction, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if "yes" describe details)	

	Groundwater source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
10	Settlements or seasonal villages, close to the water source (area II of the TWSZ), without municipality sewer system, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if "yes" describe details)	
11	Livestock housed or grazed close to the wellhead point (area II of the TWSZ), that could worsen the quality of the water source	yes/no (if "yes" describe whether it concerns individual or large farms)	
12	Slurry spreading/ dung spreading/ sewage sludge from WWTP application on arable land or meadows close to the wellhead (area II of the TWSZ), that could worsen the quality of the water source	yes/no (if "yes" describe - intensive/limited; location)	
13	Dung or slurry stores close to the wellhead (area II of the TWSZ), that could worsen the quality of the water source	yes/no (if "yes" describe - number; location)	
14	Presence of livestock markets, close to the wellhead (area II of the TWSZ), without connection to the sewer system of settlements, that could worsen the quality of the water source	yes/no (if "yes" describe - number; location)	
15	Risk on groundwater influence as a consequence of pick pollution or waste/sewage water infiltration	yes/no (if "yes" – short comments)	
16	Quick changes of the raw water quality (turbidity and microbiological parameters) after rainfalls or snow melting <i>(if data are available)</i>	yes/no (if "yes" – short description: parameter, reason, duration)	
17	Raw water samples on parameter turbidity for 2006 and 2007 <i>(if data are available)</i>	total number of samples / number of samples with abnormal value	
18	Raw water values on turbidity (mg/l) for 2006 and 2007 <i>(if data are available)</i>	year, average and maximal value	

	Groundwater source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
19	Raw water samples analyzed on parameter <i>E.coli</i> during 2006 and 2007 <u>(if data are available)</u>	year, total number of samples / number of samples with value above 0/100 ml	
20	Values of the parameter <i>E.coli</i> (CFU/ml) in the raw water for 2006 and 2007 <u>(if data are available)</u>	year, individual values	
21	Raw water samples analyzed on parameter enterococci during 2006 and 2007 <u>(if data are available)</u>	year, total number of samples / number of samples with value above 0/100 ml	
22	Values of the parameter enterococci (CFU/ml) in the raw water for 2006 and 2007 <u>(if data are available)</u>	year, individual values	
23	Drinking water samples from the relevant water supply zone analyzed on parameter <i>E.coli</i> during 2006 and 2007	year, total number of samples / number of samples with value above 0/100 ml	
24	Values of the parameter <i>E.coli</i> (CFU/ml) in the drinking water of the relevant water supply zone for 2006 and 2007	year, individual values	
25	Drinking water samples from the relevant water source analyzed on parameter enterococci during 2006 and 2007	year, total number of samples / number of samples with value above 0/100 ml	
26	Values of the parameter enterococci (CFU/ml) in the drinking water of the relevant water supply zone for 2006 and 2007	year, individual values	
27	Raw water samples and tap water (from the relevant water supply zone), analyzed in 2006 and 2007 on the parameter <i>Cl.perfringens</i>	year, total number of raw water samples, number of positive samples (>0 / 100 ml)	
		year, total number of tap water samples in the water supply zone, number of positive samples (>0 / 100 ml)	
28	Values of the parameter <i>Cl.perfringens</i> (CFU/100 ml) for 2006 and 2007 in raw water and tap water samples	year, individual values of raw water samples; give particulars in case of (> 0/100 ml)	

	Groundwater source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
		year, individual values of tap water samples in the water supply zone; give particulars in case of (> 0/100 ml)	
<b>Water treatment and disinfection (to be filled in where appropriate and in association with the above described water source)</b>			
29	Presence of WW (drinking water treatment plant)	yes/no	
30	Name/location	describe	
31	Kind of water treated	surface, groundwater, mixed - describe	
32	Settlements served	describe	
33	Population served	number	
34	Maximum design capacity of the WW		
35	Average volume, treated daily		
36	Treatment scheme	short description of the treatment steps	
37	Working scheme of the WW	describe: continuous, intermittent, by necessity, in emergency conditions only)	
38	Is they a practice to deliver water to the distribution system bypassing the WW	yes/no (if „yes“ – permanent / incidental)	
39	Effective lapses in the work of the treatment facilities	yes/no (if „yes“ - describe)	
40	Cases with suddenly changes of the water quantity entering the WW	yes/no (if "yes"- describe)	
41	After backwash the filtering material does not run to waste, but is reused in the cycle	yes/no	
42	Filters backwash water is recycled and enters the treatment cycle at the very beginning	yes/no (if "yes" what is the particular rate considering the entire backwash volume)	
43	Filters backwash water is recycled and enters the treatment cycle at any other stage	yes/no (if "yes" what is the stage and the particular rate considering the entire backwash volume)	

	Groundwater source <sup>1)</sup> / risk factor	Possible answer and additional data that have to be filled in column 4	answer/ remark <sup>2)</sup>
44	Sludge supernatant is recycled and enters the treatment cycle at the very beginning	yes/no (if "yes" what is the particular rate considering the entire backwash volume)	
45	Sludge supernatant is recycled and enters the treatment cycle at any other stage	yes/no (if "yes" what is the stage and the particular rate considering the entire backwash volume)	
46	Disinfection method / effectiveness/ effective lapses	describe and qualify	
47	Monitoring of the water quality entering the WW on parameters turbidity, <i>E.coli</i> , <i>Cl.perfringens</i>	yes/no list the parameters and the frequency	
48	Raw water monitoring data on parameters: turbidity, <i>E.coli</i> , <i>Cl.perfringens</i>	average and maximal values of the parameters for 2007	

Additional comments (if necessary):

Contact details:

### Anhang 3 Ergebnisse des Fragebogens

Zusammenfassende Tabelle der Trinkwasserressourcen, die aufgrund der Fragebogenkriterien durch die regionalen Gesundheitsbehörden als risikoreich für eine Belastung durch pathogene Parasiten eingestuft wurden

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
1	Blagoevgrad	3	2	1	Flußwasserentnahme Bjalata reka	OFW	Keine	< 10.000	Trübung und mikrobiologische Belastungen	Schwer zugänglich – nächste Priorität
					Fassung Isvora	GW	Keine	< 5.000	Trübung und mikrobiologische Belastungen	
					Banensko Teich	OFW	Keine	< 10.000	Trübung und mikrobiologische Belastungen	
2	Burgas	2	2	-	Talsperre Kamchia, Zulauf L.Kamchia	OFW	WW	> 200.000	Siedlungen ohne Abwassersysteme; TWSZ nicht aktualisiert	Schwer zugänglich – nächste Priorität
					Talsperre Jasna poljana, Zulauf Djavolska	OFW	WW	< 30.000	TWSZ nicht aktualisiert	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar	
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser							
3	Varna	3	-	3	Schachtbrunnen (Chernook)	GW	keine	< 1.000	Einfluß des Flußes Glavniza; Weideland; Kein Abwassersystem	– nächste Priorität	
					Bodenpassage Ablauf / Schachtbrunnen (Valchi dol)	GW	Keine	< 5.000			Weideland
					Karstquelle (Chernevo)	GW	Keine	< 2.000			Weideland
4	V.Tarnovo	2	1	1	Talsperre Jovkovzi Zulauf Vesselina	OFW	WW	< 200.000	Siedlungen ohne Abwassersystem; Weideland	– nächste Priorität	
					Schachtbrunnen (Kamen)	GW	Keine	< 2.000			n.n.
5	Vidin	2	2	-	Fluß Golema reka (Repljana-Chouprene)	OFW	Keine	< 20.000	Trübung	2009 - 2 samples (Nr. 37, 38)	
					Flußentnahme Stakevtzi	OFW	Keine	< 10.000			Trübung
6	Vratsa	4	-	4	Fassung Bigora (Sgorigrad)	GW	Keine	< 2.000	Verstoß gegen TWSZ-Auflagen; Michproduktion, Weideland	– nächste Priorität	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					Radialbrunnen (Orjahovo)	GW	keine	< 20.000	Einfluß der Donau; Verstoß gegen TWSZ-Auflagen; Tierzucht; Dung	
					Fassung Ludoto ezero (Vraza)	GW	Keine	n.n.	Verstoß gegen TWSZ-Auflagen; Tierzucht; Milchproduktion; Siedlungen ohne Abwassersystem;	
					Fassung Dragnevo ezero (Kameno pole)	GW	Keine	< 5.000	Verstoß gegen TWSZ-Auflagen;; Tierzucht;	
7	Gabrovo	3	2	1	Fluß Mokra bjala	OFW	WW	n.n.	Wildhaltung; Belastung der TW-Qualität	– nächste Priorität
					Fluß Kozja	OFW	WW	n.n.	n.n.	
					Ableitung (Lesitcharka)	GW	Keine	< 500	Trübung	
8	Dobritch	3	-	3	Schachtbrunnen /Bohrloch (PS Shabla)	GW	Keine	< 5.000	Hochwasser 2005	– nächste Priorität

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					Bohrloch (PS Arbit)	GW	Keine	< 1.000	Hochwasser	
					Bohrloch (PS Bolata)	GW	Keine	< 2.000	Hochwasser	
9	Kardzhali	5	-	5	Karstbrunnen (Bjal kamak)	GW	Keine	< 5.000	Tierzucht	2009 - 6 Proben (Nr.59-64)
					Karstbrunnen (Bjal izvor)	GW	keine	< 2.000	Einfluß des Flusses Bjal izvorka; Tierzucht; Milchproduktion	
					Uferfiltrat (Shiroko pole)	GW	Keine	< 1.000		
					Uferfiltrat (Perperek)	GW	Keine	< 1.000	Einfluß des Flusses Perpereshka; Geflügelfarm; Siedlungen ohne Abwassersystem	
					Karstquelle (Miladinovo)	GW	Keine	< 500	Siedlungsabwässer; Wildaufzucht	
10	Kjustendil	4	3	1	Schachtbrunnen (Svoljano)	GW	Keine	< 1.000	Einfluß des Flusses Bistritza; Siedlungsabwässer	2008 - 4 Proben (Nr. 6-9)
					Flußentnahme	OFW	WW	< 30.000	Jagdfarm; Wildaufzucht	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					Vodenichniza					2009 - 4 Proben ( Nr.29-32)
					Flußentnahme Bistriza	OFW	Keine	< 50.000	Jagdfarm; Wildaufzucht; Weideland	
					Talsperre Djakovo	OFW	Keine	< 50.000	Siedlungsabwässer; Weideland	
11	Lovech	5	5	-	Fluß Cherni Osam	OFW	keine	~ 200.000	Keine TW-Aufbereitung; Verstoß gegen TWSZ-Auflagen; Landhäuser ohne Abwassersystem	2009 - 5 Proben ( Nr.50-54)
					Fluß Krajeviza	OFW	Keine	~ 200.000	-	
					Fluß Bolovandzhika	OFW	Keine	< 20.000	-	
					Fluß Vartjashka	OFW	Keine	< 30.000	Landhäuser ohne Abwassersystem	
					Fluß Nankovoto	OFW	Keine	< 500	-	
12	Montana	5	4	1	Talsperre Srechenska bara	OFW	WW	< 200.000		2008 - 5 Proben (Nr.10-14)

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					Flußwasserentnahme Brachiliste – Golajama reka	OFW	Keine	< 20.000	Verstöße gegen TWSZ-Auflagen (SZ I)	2009 - 4 Proben (Nr. 33-36)
					Flußwasserentnahme Shaboviza	OFW	Keine	< 20.000	Verstöße gegen TWSZ-Auflagen (SZ I), Zugang für Tiere und Menschen; Hotelanlagen ohne Abwassersystem	
					Flußwasserentnahme Chegorila	OFW	Keine	< 500	Milchproduktion	
					Schachtbrunnen (Kriva bara)	GW	Keine	< 5.000	Hydraulische Verbindung mit dem Fluß Lom	
<b>13</b>	<b>Pazardzhik</b>	3	2	1	Fluß Bezimenna (Mulej)	OFW	WW	~ 5.000	Keine TWSZ; Weidewirtschaft; Dung; Qualitätsbeeinträchtigungen;	2008 - 5 Proben (Nr.15-18)

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
									Versorgungsunterbrechungen	2009 - 7 Proben (Nr.39-45)
					Uferfitrat (Fluß L.Jana)	OFW	Keine	< 20.000	TWSZ nicht ausgewiesen; Weidewirtschaft; Viehhaltung; Dunglagerung; starke und schnelle Schwankungen der TW-Qualität	
					Bistrishka Umleitung 12	OFW	WW	< 30.000	Tierfarmen; Dunglagerung; Rohwasserqualitätsbeeinträchtigungen	
<b>14</b>	<b>Pernik</b>	3	3	-	Bach M.Gorskija (Einlauf zur Talsperre Krasava)	OFW	WW	< 10.000	Keine Abwasserbehandlung; Viehhaltung; Dunglagerung	2008 - 5 Proben (Nr.1-5)

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					Fluß Kladnishka (Einlauf zur Talsperre Studena)	OFW	WW	< 100.000	Unbehandelte Abwässer; Wildtierhaltung, Weidewirtschaft, Rohwasserqualitätsbeeinträchtigungen	2009 - 4 Proben (Nr.25-28)
					Fluß Struma (Einlauf zur Talsperre Studena)	OFW	WW	< 100.000	Unbehandelte Abwässer; Rohwasserqualitätsbeeinträchtigungen	
15	Pleven	5	-	5	Schachtbrunnen Livadite (Bozhuriza)	GW	Keine	< 2.000	Einfluß des Flusses Vit; Abwasser	– nächste Priorität
					Uferfiltrat Shavarna (Kamenez)	GW	Keine	< 2.000	Oberflächenwassereinfluß	
					Uferfiltrat Glava reka (K.Belene)	GW	Keine	< 2.000	Einfluß des Flusses Osam;	
					Uferfiltrat Zarevez (Orehoviza)	GW	Keine	< 2.000	Einfluß des Flusses Iskar;	
					Schachtbrunnen (Zagrazhden)	GW	Keine	< 1.000	Einfluß der Donau; Keine Abwasserbehandlung	
16	Plovdiv	9	6	3	Fluß Krushovska	OFW	WW	< 5.000	Rohwasserbeeinträchtigung; Jagdfarm	2008 - 5 Proben (Nr.20-24)
					Ablauf (P.Evtimovo)	GW	Keine	< 2.000	Hydraulische Verbindung	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
									mit Chinar dere; Siedlungen ohne Abwassersystem	2009 - 4 Proben (Nr.46-49)
					Fluß Pepelasha	OFW	WW	n.n.	Rohwasserbeeinträchtigung; Wildtiere	
					Uferfiltrat (Hrabrino)	GW	Keine	< 1.000	Hydraulische Verbindung mit r.Pepelasha; Rohwasserbeeinträchtigung	
					Karstbrunnen (Zar Kalojan)	GW	Keine	< 500	Verbindung mit ungeschütztem Grundwasserhorizont und Porengrundwasserleiter; schnelle Änderungen der Rohwasserqualität	
					Schachtbrunnen (PS Kliment)	GW	Keine	< 2.000	Hydraulische Verbindung mit r. Srjama	
					Fluß Kerska (Chehlare)	OFW	mechanische	< 500	Rohwasserbeeinträchtigung	
					Fluß Sredoka (Svezhen)	OFW	mechanische	< 500	Rohwasserbeeinträchtigung	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					Fluß Garkova livada (Svezhen)	OFW	mechanische	< 500	Rohwasserbeeinträchtigung	
17	Razgrad	3	-	3	Karstbrunnen Mokreshnik (Z. Kalojan)	GW	keine	< 5.000	Rohwasserbeeinträchtigung	– nächste Priorität
					Karstbrunnen Kaedzhika (Eserche)	GW	keine	< 5.000	Rohwasserbeeinträchtigung	
					Bohrloch (PS Kaletto, Zavet)	GW	Keine	< 10.000	Deponie; Hochwasser; Rohwasserbeeinträchtigung	
18	Russe	3	-	3	Bohrloch (PS Bozhichen)	GW	Keine	< 2.000	Einfluß durch den Fluß Lom; Hochwasser; Siedlungen ohne Abwassersystem; Alte Bauernhöfe	– nächste Priorität
					Bohrloch (PS Goljamo Vranovo)	GW	Keine	< 5.000	Schweinemastanlage; kein Abwassersystem	
					Schachtbrunnen (Pejtchinovo)	GW	Keine	< 2.000	Bauernhöfe	
19	Silistra	0	-	-	-	-	-	-	-	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar	
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser							
20	Sliven	3	3	-	Flüsse Magareshka und Beglishka (Einlauf zur Talsperre Asenovzi)	OFW	Keine	~ 50.000	Keine TW-Aufbereitung; möglicher Einfluß durch Abwässer	2009 - 5 Proben (Nr.70-74)	
					Fluß Ziganska	OFW	Keine	< 5.000			Keine TW-Aufbereitung
					Fluß Domus dere	OFW	WW	~ 2.000			Rohwasserbeeinträchtigung
21	Smoljan	4	1	3	Fluß Iskrež (Srednogorzi)	OFW	Keine	< 10.000	Rohwasserbeeinträchtigung; Siedlung ohne Abwassersystem	2009 - 5 Proben (Nr.65-69)	
					Schachtbrunnen PS Krajna	GW	Keine	< 10.000			Einfluß des Flusses Nedelinska
					Schachtbrunnen Preseka (Zlatograd)	GW	Keine	< 10.000			Einfluß des Flusses Varbiza
					Karstquelle Hubtcha	GW	WW	< 10.000			Großes Wassereinzugsgebiet; Einfluß durch Oberflächengewässer; Dunglagerung; Rohwasserbeeinträchtigung
22	Sofia-city	0	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	Sofia	5	3	2	Fluß Chavtcha	OFW	Keine	< 20.000	Weidewirtschaft;	2009 - 4	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					(Kostenez)				Rohwasserbeeinträchtigung; keine TW-Aufbereitung	Proben (Nr.55-58)
					Fluß Ibar (Ihtiman)	OFW	Keine	< 30.000	Weidewirtschaft; Rohwasserbeeinträchtigung; keine TW-Aufbereitung	
					Fluß Odzhin dol (Dolni Okol)	OFW	Keine	< 500	Rohwasserbeeinträchtigung; keine TW-Aufbereitung	
					Lalinzi (Aldomirovzi)	GW	keine	< 2.000	Einfluß des Flusses Bezimenna; TWSZ-Verstöße; Zugangsmöglichkeit durch Tiere	
					Capture Pesta (Iskrez)	GW	Keine	< 20.000	TWSZ-Verstöße; Zugangsmöglichkeit durch Tiere	
24	St.Zagora	2	2	-	Fluß Starata reka (Konare)	OFW	n.n.	< 1.000	Rohwasserbeeinträchtigung	– nächste Priorität
					Fluß Koru dere	OFW	n.n.	< 5.000		

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
					(Gabarevo)					
25	Targoviste	3	1	2	Talsperre Jastremino (Fluß Bujuk dere)	OFW	-	< 2.000	Siedlungen ohne Abwasseraufbereitung	– nächste Priorität
					Schachtbrunnen (Lomzi)	GW	Keine	< 2.000	Siedlungen ohne Abwasseraufbereitung; Geflügelfarm	
					Uferfiltrat und Schachtbrunnen (Kamburovo)	GW	Keine	< 2.000	Siedlungen ohne Abwasseraufbereitung; Rohwasserbeeinträchtigung	
26	Haskovo	4	-	4	Bohrloch (PS Brjagovo)	GW	Keine	< 5.000	Einfluß des Flusses Haskovska; Rohwasserbeeinträchtigung	– nächste Priorität
					Bohrloch und Schachtbrunnen (PS Balgarin)	GW	keine	< 5.000	TWSZ-Verstöße; Hochwasser; Rohwasserbeeinträchtigung	
					Bohrloch (PS Svilengrad)	GW	Keine	~ 20.000	Einfluß des Flusses Mariza; TWSZ Verstöße; Hochwasser;	

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
									Rohwasserbeeinträchtigung	
					Bohrloch und Schachtbrunnen (PS Simeonovgrad)	GW	Keine	< 10.000	Hochwasser; Rohwasserbeeinträchtigung	
27	Shumen	3	1	2	Fluß Goljama Kamtchia (Einlauf zur Talsperre Titcha)	OFW	Keine	> 100.000	Keine TW-Aufbereitung; Siedlung ohne Abwassersystem; Wildhaltung; Rohwasserbeeinträchtigung	– nächste Priorität
					Karstbrunnen (Hizhata – Shumen)	GW	Keine	n.n.	Rohwasserbeeinträchtigung	
					Fassung (Zarkviza)	GW	Keine	< 1.000	Keine Abwassersystem; Tierzucht	
28	Jambol	3	-	3	Schachtbrunnen (Okop)	GW	Keine	< 1.000	Einfluß des Flusses Tundzha; Geflügelschlachtereij; kein Abwassersystem; Tierzucht	– nächste Priorität

Nr.	Verwaltungsregion	Anzahl gem. Angaben im Fragebogen			Beschreibung der Probenahmestelle	Wassertyp (OFW = Oberflächenwasser, GW = Grundwasser)	Aufbereitung	Größe des Wasserwerks (versorgte Einwohner / m3 / ?)	Risikofaktoren	Kommentar
		gesamt	Oberflächenwasser	Grundwasser						
									/-haltung	
					Schachtbrunnen (PS Skaliza)	GW	Keine	< 3.000	Einfluß des Flusses Tundzha; landwirtschaftlich genutzte Flächen	
					Schachtbrunnen (Trankovo)	GW	Keine	< 500	Einfluß des Flusses Tundzha; Weidewirtschaft	
TOTAL		94	43	51						

## Anhang 4 Ergebnistabelle der Untersuchungen auf pathogene Parasiten mit den gemessenen Einzelparametern nach Regionen und Wasserkörpern sortiert (englisch)

adm. region	sampling year	sample No	raw water sampling points	water body/ connection	conductivity (µS/cm)	T (°C)	turbidity (NTU)	pH	total coliforms (MPN/100 cm3)	<i>E.coli</i> (MPN/100 cm3)	Enterococci (MPN/100 cm3)	Sulfite-reducing clostridia (KOE/cm3)	<i>Cryptosporidium</i> oocysts (number/ 100 L)
pernik	2008	1	gully M.Gorskija	reservoir Krasava	910	9,2	0	8,2	448	26	6	1	n.d.
	2009	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
	2008	2	WW - Breznik	reservoir Krasava	396	13,5	0	8,3	<1	<1	<1	<1	n.d.
	2009	26	WW - Breznik	reservoir Krasava	420	11,6	0,8	8,3	<1	<1	<1	<1	n.d.
	2008	3	river Kladnishka	reservoir Studena	118	13,2	28,5	8,3	> 2420	1986	172	7	n.d.
	2009	28	river Kladnishka	reservoir Studena	84	15,3	7,3	7,5	4200	3297	580	1700	n.d.
	2008	4	WW - Studena	reservoir Studena	195	15,3	0	8	#	#	#	#	n.d.
	2009	25	WW - Studena	reservoir Studena	196	10	6,2	8,3	8	6	3	20	n.d.
	2008	5	river Struma	reservoir Studena	420	16	0	8,4	> 2420	534	787	15	n.d.
	2009	27	river Struma	reservoir Studena	272	13	3	8,2	1120	102	96	150	n.d.
kjustendil	2008	6	river Vodenichniza	WW - Zhilenci	78	13,5	0	8,1	4	4	<1	<1	n.d.
	2009	29	river Vodenichniza	WW - Zhilenci	27	8	0,9	7,2	2	2	<1	<1	4
	2008	7	WW - Zhilenci	river catchments	53	14,5	0	7,9	5	4	<1	<1	n.d.
	2009	30	WW - Zhilenci	river catchments	39	8	2,5	7,3	2	<1	1	4	3
	2008	8	river Bistriza	reservoir Djakovo	52	11,3	0	8,3	<1	<1	<1	<1	n.d.
	2009	31	river Bistriza	reservoir Djakovo	39	7	0,5	7,2	<1	<1	<1	<1	4
	2008	9	PS Djakovo	reservoir Djakovo	100	14,2	0	7,9	24	22	<1	<1	n.d.

adm. region	sampling year	sample No	raw water sampling points	water body/ connection	conductivity (µS/cm)	T (°C)	turbidity (NTU)	pH	total coliforms (MPN/100 cm3)	<i>E.coli</i> (MPN/100 cm3)	Enterococci (MPN/100 cm3)	Sulfite-reducing clostridia (KOE/cm3)	<i>Cryptosporidium</i> oocysts (number/ 100 L)
	2009	32	PS Djakovo		40	9,1	0,2	7	2	2	6	<1	n.d.
<b>montana</b>	2008	10	river Kasa		90	9,7	0	8,4	7	1	<1	<1	n.d.
	2009	34	river Kasa		100	14,6	0,4	7,4	2	2	2	<1	2
	2008	11	river Goljama		90	9	0	8,4	2	1	<1	<1	3
	2009	35	river Goljama		90	12,7	0	7,6	<1	<1	<1	<1	3
	2008	12	river Shaboviza		63	5,8	0	8,3	26	16	1	<1	16
	2009	33	river Shaboviza		43	15	0,1	7,1	3	3	<1	<1	15
	2008	13	river Cherna		357	8	0	8,9	5938	15	1	<1	n.d.
	2009	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
				reservoir									
	2008	14	WW Slatina	Srechenska bara	77	7,5	0	8,6	122	3	<1	<1	n.d.
	2009	36	WW Slatina		73	8	5,8	7,1	8	<1	<1	<1	13
<b>pazardzhik</b>	2008	15	WW Velingrad		184	7,1	0,5	7,8	33	8	1	<1	n.d.
	2009	41	WW Velingrad		327	16	6,3	7,5	185	110	11	6	n.d.
	2008	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
	2009	40	Bistrishka derivation 11	WW-Velingrad	196	16	2,2	6,9	75	33	1	6	n.d.
	2008	16	Bistrishka derivation 12	WW-Velingrad	64	4	0,8	7,6	22	6	2	<1	n.d.
	2009	39	Bistrishka derivation 12		118	13	5,6	6,8	248	89	52	8	n.d.
	2008	17	river Bezimena	WW-Panagjuriste	280	7,7	0,25	7,2	6	4	<1	<1	15
	2009	42	river Bezimena		246	16	3,7	7,6	27	11	14	16	6,7
	2008	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
	2009	45	WW-Panagjuriste		214	19	1	7,4	13	5	5	24	1,1
	2008	18	drainage L.Jana		194	9,4	0,3	6,8	6	<1	<1	<1	n.d.
	2009	44	drainage L.Jana		256	17	1,3	7	10	1	<1	4	n.d.
	2008	19	river L.Jana	drainage L.Jana	307	8,7	0,35	7,7	122	3	<1	<1	35
	2009	43	river L.Jana		300	18	9,8	7,9	461	225	517	170	62,9
<b>plovdiv</b>	2008	20	river Pepelasha	WW-Pepelasha	103	8,5	0,5	8	5	2	4	<1	56
	2009	47	river Pepelasha		110	16	11,3	7,5	17	12	10	26	25

adm. region	sampling year	sample No	raw water sampling points	water body/ connection	conductivity (µS/cm)	T (°C)	turbidity (NTU)	pH	total coliforms (MPN/100 cm3)	<i>E.coli</i> (MPN/100 cm3)	Enterococci (MPN/100 cm3)	Sulfite-reducing clostridia (KOE/cm3)	<i>Cryptosporidium</i> oocysts (number/ 100 L)
	2008	21	spring Zar Kalojan		238	10,4	0,3	8,2	<1	<1	<1	<1	n.d.
	2009	48	spring Zar Kalojan		300	17	0	7,6	<1	<1	<1	<1	n.d.
	2008	22	river Tamreshka	WW-Hrabrino	277	10,1	0,6	7,7	14	4	<1	<1	n.d.
	2009	49	WW-Hrabrino		256	23	6,8	8	2420	36	40	236	n.d.
	2008	23	WW-Laki	river catchments	50	5,6	0,3	5,9	12	12	<1	<1	17
	2009	46	WW-Laki		80	19	2,3	7,2	82	41	23	12	20
				drainage									
	2008	24	gully Chinar	P.Evtimovo	530	13,2	0,7	7,2	#	#	#	#	n.d.
	2009	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
<b>vidin</b>	2009	37	river Stakevska		86	14	0	7	<1	<1	<1	<1	n.d.
	2009	38	river Chuprene		71	15,5	0,4	7	1	1	1	<1	3
<b>lovech</b>	2009	50	river Cherni osam		263	22	0,3	8,7	3973	11	24	690	n.d.
	2009	51	river Kraeviza		220	20	0,5	8,5	2827	28	61	440	3
	2009	52	river Vartjashka		235	21	1,4	8,3	308	6	14	40	4
	2009	53	river Bolovandzhika		90	17	0,4	7,4	201	12	5	450	6
	2009	54	river B.Laka		68	16	0	7,1	35	6	11	310	n.d.
<b>sofia</b>	2009	55	river Krajna		22	13	0,5	7,5	27	<1	1	18	2
	2009	56	river Ibar		40	16	0,3	7,3	73	7	6	160	2
	2009	57	spring Peshta (mixed)	river Iskrezka	301	16	1,5	7,6	111	47	19	10	6
	2009	58	spring Cheshmeto		500	17	0	7,3	49	22	2	<1	n.d.
<b>kardzhali</b>	2009	59	spring Bjäl kamak		417	18	0,1	7,5	25	2	16	<1	n.d.
				spring B.kamak+2									
			PS Ardino (mixed water)	shacht wells in river Ardinska									
	2009	60			320	17,8	0,24	7,2	6	<1	2	<1	n.d.
	2009	61	spring Bjalo pole		377	16,7	1,4	7,5	146	35	76	18	n.d.
	2009	62	drainage Shiroko pole		923	18	0,1	7,1	<1	<1	<1	4	n.d.
	2009	63	drainage Perperek		616	26	0,4	7,5	<1	<1	<1	<1	n.d.

adm. region	sampling year	sample No	raw water sampling points	water body/ connection	conductivity (µS/cm)	T (°C)	turbidity (NTU)	pH	total coliforms (MPN/100 cm3)	<i>E.coli</i> (MPN/100 cm3)	Enterococci (MPN/100 cm3)	Sulfite-reducing clostridia (KOE/cm3)	<i>Cryptosporidium</i> oocysts (number/ 100 L)
	2009	64	spring Miladinovo		737	22	0,1	7,2	<1	<1	<1	<1	n.d.
<b>smojan</b>	2009	65	WW-Prevala	river catchments	28	11	1,4	6,7	22	6	4	<1	11
	2009	66	WW-Hubtcha	spring	367	14	5,8	7,7	866	88	75	16	5
	2009	67	river Iskrež PS Krajna (2 shacht)		38	16	0,9	7	110	9	12	<1	5
	2009	68	wells)	river Nedelinska	332	18	0,3	7,3	285	7	3	4	n.d.
	2009	69	spring Sv.Duch		218	13	1,2	7,7	11	5	2	<1	n.d.
<b>sliven</b>	2009	70	river Magareshka		153	22	7,1	8,3	387	82	52	140	n.d.
	2009	71	reservoir Asenovez		360	20	1,1	8	121	1	<1	6	n.d.
	2009	72	river Asenovska CWS Tvardiza (mixed water)	river Ciganska + spring water	437	25	2,5	8,4	1553	48	112	110	n.d.
	2009	73			490	17,5	0,7	7,9	38	1	4	<1	n.d.
	2009	74	river Domus dere		142	18	12	8	231	20	12	4	n.d.

**NOTES**

- # no samples/analyses
- WW Drinking Water Treatment Plant
- PS Pump Station
- CWS Central Water Supply
- n.d. not detected

