

**Vergleichende Untersuchung der Belastung von Fließ-
gewässern mit *Cryptosporidium sp.* und *Giardia lamblia*
in vier Einzugsgebieten mit unterschiedlicher naturräum-
licher Ausstattung und menschlicher Nutzung**

Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)

der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von

Christoph Koch

aus

Bonn-Bad Godesberg

Bonn, April 2004

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Referent: PD Dr. Thomas Kistemann
2. Referent: Prof. Dr. Bernd Dieckrüger

Tag der Promotion: 23.11.2004

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn
http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Anlaß.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	1
1.3 Vorgehensweise und Gliederung des Textes.....	2
2 Bedeutung der untersuchten Parasiten	3
2.1 Giardia lamblia.....	4
2.2 Cryptosporidium sp.....	6
3 Die Untersuchungsgebiete und untersuchten Kläranlagen	10
3.1 Nauholzbach.....	11
3.1.1 Naturräumliche Ausstattung.....	11
3.1.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen.....	13
3.2 Wahnbach.....	17
3.2.1 Naturräumliche Ausstattung.....	17
3.2.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen.....	19
3.3 Kall.....	26
3.3.1 Naturräumliche Ausstattung.....	26
3.3.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen.....	29
Vorstaubecken.....	34
3.4 Swist.....	35
3.4.1 Naturräumliche Ausstattung.....	35
3.4.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen.....	40
3.5 Charakterisierung der Kläranlagen.....	48
3.5.1 Kläranlage Hillesheim.....	48
3.5.2 Kläranlage Niederkassel.....	49
3.5.3 Kläranlage Hilberath.....	51
3.5.4 Kläranlage Flerzheim.....	51
3.5.5 Regenüberlaufbecken auf dem Gelände der Kläranlage Flerzheim.....	53
3.5.6 Kläranlage Rheinbach.....	53
3.5.7 Kläranlage Miel.....	54
3.5.8 Kläranlage Loch.....	55
3.5.9 Kläranlage Heimerzheim.....	56
4 Untersuchungsstellen und Methoden	58
4.1 Probenahmepunkte an den Gewässern.....	58
4.1.1 Nauholzbach Pegel (P1).....	59
4.1.2 Wahnbach Pegel (P2).....	60
4.1.3 Kall Pegel (P10).....	61
4.1.4 Probenahmepunkte im Einzugsgebiet der Kalltalsperre.....	61
4.1.5 Probenahmepunkte im Einzugsgebiet der Swist.....	63
4.2 Probenahmepunkte an den Kläranlagen.....	67
4.2.1 Kläranlage Hillesheim, Ablauf (P23).....	69
4.2.2 Kläranlage Niederkassel, Ablauf (P24).....	69
4.2.3 Kläranlage Hilberath, Zulauf / Ablauf (P25/26).....	69
4.2.4 Kläranlage Flerzheim, Zulauf / Ablauf (P27/28).....	69
4.2.5 Regenüberlaufbecken II der Kläranlage Flerzheim (P29).....	70
4.2.6 Kläranlage Rheinbach, Zulauf / Ablauf (P30/31).....	70

4.2.7 Kläranlage Miel, Zulauf / Ablauf (P32/33).....	70
4.2.8 Kläranlage Loch, Zulauf / Ablauf (P34/35).....	70
4.2.9 Kläranlage Heimerzheim, Zulauf / Ablauf (P36/37).....	71
4.3 Probenahmeregime.....	71
4.3.1 Zeitliches Probenahmeregime für Regelproben in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Wahnbach und Kall	71
4.3.2 Kriterien für niederschlags- und abflußbezogene Probenahmen in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Wahnbach und Kall	72
4.3.3 Zeitliches Probenahmeregime für Regelproben im Einzugsgebiet Swist	73
4.3.4 Kriterien für niederschlagsbezogene Probenahmen am Regenüberlaufbecken Flerzheim	74
4.4 Probenahmetechnik.....	75
4.4.1 Probenahme für parasitologische Parameter.....	75
4.4.2 Probenahme für physikalische und chemische Parameter	75
4.4.3 Probenahme für bakteriologische Parameter.....	75
4.4.4 Dokumentation der Probenahme.....	76
4.5 Vor Ort bestimmte Parameter	77
4.6 Abflußmessung nach Fischer [40] für Fließgewässer.....	77
4.7 Hydrologische Parameter.....	78
4.8 Parasitologische Wasseruntersuchung	78
4.9 Physikalisch-chemische Untersuchungen im Labor	80
4.10 Bakteriologische Wasseruntersuchungen.....	82
5 Analysergebnisse	85
5.1 Niederschläge und Abflußverhältnisse	85
5.1.1 Nauholzbach	85
5.1.2 Wahnbach	86
5.1.3 Kall	87
5.1.4 Swist	87
5.1.5 Betriebsparameter der untersuchten Kläranlagen im Untersuchungsjahr	89
5.2 Parasitologische Untersuchungen	98
5.2.1 Untersuchungen in Gewässern.....	98
5.2.2 Starkregenereignisse	104
5.2.3 Untersuchungen an Kläranlagen	109
5.2.4 Ereignisbezogene Untersuchungen von Regenüberlaufbecken.....	112
5.3 Physikalisch-chemische Untersuchungen	112
5.3.1 Untersuchungen in Gewässern.....	112
5.3.2 Starkregenereignisse	123
5.3.3 Untersuchungen an Kläranlagen	127
5.3.4 Ereignisbezogene Untersuchungen von Regenüberlaufbecken.....	129
5.4 Bakteriologische Untersuchungen	130
6 Diskussion	131
6.1 Vergleich der Verhältnisse in den Einzugsgebieten.....	131
6.2 Analyse der Untersuchungsergebnisse.....	133
6.2.1 Regelprobenahmen an Gewässern	134
6.2.2 Probenahmen bei Starkregenereignissen.....	139
6.2.3 Probenahmen an Kläranlagen; Vergleich der Belastungen und Reinigungsleistungen.....	140
6.2.4 Statistische Beziehungen der parasitologischen Ergebnisse zu chemischen oder bakteriologischen Ergebnissen - Konsequenzen für Indikatormodelle	142
6.3 Vergleich mit Werten aus der Literatur	148

6.3.1 Parasitenkonzentrationen im Gewässer	148
6.3.2 Abhängigkeiten vom Nutzungsgrad.....	149
6.3.3 Abwasser (-einfluß)	149
6.3.4 Landwirtschaftliche Einflüsse.....	150
6.3.5 Einflüsse von Regenereignissen	150
6.3.6 Korrelationen	151
6.4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse	152
6.4.1 Gewässer Regelproben	152
6.4.2 Effekte von Starkregen	154
6.4.3 Kläranlagen.....	159
6.4.4 Konsequenzen für Nutzungen.....	160
7 Schlußfolgerungen.....	163
7.1 Landnutzung und Parasitenkonzentrationen im Gewässer.....	163
7.2 Effekte von Starkregenereignissen.....	164
7.3 Parasiten-Belastung von Siedlungsabwässern.....	164
7.4 Siedlungsabwässer und parasitäre Gewässerbelastung	165
7.5 Ertüchtigung von Kläranlagen?.....	166
7.6 Übertragbarkeit auf andere Einzugebiete	167
7.7 Gewässernutzungen, Risk-Assessment	167
7.8 Weiterer Forschungsbedarf	169
8 Zusammenfassung	170
9 Literatur	172
9 Datenanhang	
- Vor-Ort-Parameter Routineproben Gewässer und Kläranlagen	
- Vor-Ort-Parameter Ereignisproben Gewässer und Regenüberlaufbecken	
- Mikrobiologische / Parasitologische Parameter Routineproben Gewässer und Kläranlagen	
- Mikrobiologische / Parasitologische Parameter Ereignisproben Gewässer und Regenüberlaufbecken	
- Chemisch-physikalische Parameter Routineproben Gewässer und Kläranlagen	
- Chemisch-physikalische Parameter Ereignisproben Gewässer und Regenüberlaufbecken	

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 : Entwicklungszyklus von <i>Giardia lamblia</i>	4
Abb. 2 : Entwicklungszyklus von <i>Cryptosporidium parvum</i>	6
Abb. 3: Die naturräumliche Gliederung der Köln-Bonner Bucht 1:100 000 [62].....	36
Abb. 4: Fließschema der Kläranlage Hillesheim.....	49
Abb. 5: Fließschema der Kläranlage Niederkassel.....	50
Abb. 6: Fließschema der Kläranlage Hilberath.....	51
Abb. 7: Fließschema der Kläranlage Flerzheim.....	52
Abb. 8: Fließschema der Kläranlage Rheinbach.....	54
Abb. 9: Fließschema der Kläranlage Miel.....	55
Abb. 10: Fließschema der Kläranlage Loch.....	55
Abb. 11: Fließschema der Kläranlage Heimerzheim.....	56
Abb. 12: Verwendetes Probenahmeprotokoll.....	76
Abb. 13: Formel und Erläuterungsskizze zur Abflußmessung nach dem Verdünnungsprinzip.....	77
Abb. 14: Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Nauholzbach.....	86
Abb. 15 : Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Wahnbach.....	86
Abb. 16: Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Kall.....	87
Abb. 17: Anteil der Kläranlagenabflüsse am Abfluß der Swist.....	88
Abb. 18: Niederschlags- und Abflußverhältnisse am Pegel Weilerswist.....	89
Abb. 19: Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Wahnbach versus Abflußmengen der KA Hillesheim.....	90
Abb. 20: Abflußmengen der Kläranlage Niederkassel.....	91
Abb. 21: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Hilberath.....	92
Abb. 22: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Flerzheim.....	93
Abb. 23: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Rheinbach.....	94
Abb. 24: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Miel.....	95
Abb. 25: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Loch.....	96
Abb. 26: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Heimerzheim.....	97
Abb. 27: Parasitendauerformen in Regelproben am Pegel Nauholzbach.....	98
Abb. 28: Parasitendauerformen in Regelproben am Pegel Wahnbach.....	99
Abb. 29: Parasitendauerformen in Regelproben am Pegel Kall.....	100
Abb. 30: Parasiten-Gehalte ausgewählter Stellen im Einzugsgebiet der Kall.....	101
Abb. 31: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Nauholzbach am 8./9.10.1997.....	105
Abb. 32: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Nauholzbach, am 11./12.12.1997.....	105
Abb. 33: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Kall am 11./12.2.1997.....	106
Abb. 34: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Kall am 18./19.3.1997.....	106
Abb. 35: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Wahnbach am 8./9.10.1997.....	107
Abb. 36: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Wahnbach am 9./10.10.1997.....	108

Abb. 37: Parasitendauerformen im Ablauf der Kläranlage Hillesheim.....	109
Abb. 38: Parasitendauerformen im Ablauf der Kläranlage Niederkassel.....	110
Abb. 39: Trübung am Pegel Nauholzbach im Jahresverlauf.....	112
Abb. 40: Nitratgehalte am Pegel Nauholzbach	113
Abb. 41: Trübung am Pegel Wahnbach	114
Abb. 42: Nitratgehalte am Pegel Wahnbach	115
Abb. 43: Verschiedene chemische Parameter am Pegel Wahnbach	115
Abb. 44 : Trübung im Jahresverlauf am Pegel Kall	116
Abb. 45: Nitratgehalte am Pegel Kall	117
Abb. 46: Verschiedene chemische Parameter am Pegel Kall.....	117
Abb. 47: Abflußverhältnisse und Nitrat am Nauholzbach am 8./9.10.1997	123
Abb. 48: Abflußverhältnisse und Nitrat am Nauholzbach am 11./12.12.1997	124
Abb. 49: Abflußverhältnisse und Nitrat am Pegel Kall am 11./12.2.1997.....	125
Abb. 50: Abflußverhältnisse und Nitrat am Pegel Kall am 18./19.3.1997.....	125
Abb. 51: Abflußverhältnisse und Nitrat am 9./10.10.1997 am Pegel Wahnbach.....	127
Abb. 52: Nitratgehalte des Kläranlagenablaufs Niederkassel	128
Abb. 53 : Nitrit-, Ammonium-, Borat- und Gesamt-P-Gehalte des Kläranlagenablaufs Niederkassel.....	128
Abb. 54: Nitratgehalte des Kläranlagenablaufs Hillesheim	129
Abb. 55: Größenvergleich der vier Einzugsgebiete bei gleichem Maßstab	131
Abb. 56: Vergleich der Flächennutzungen in den Einzugsgebieten.....	132
Abb. 57 : Maximale Parasitenkonzentrationen in den Einzugsgebieten von Kall und Swist (Ohne Starkregenereignisse).....	133
Abb. 58: Zusammenfassung der Nachweise von <i>Giardia lamblia</i> im Verlauf der Swist	136
Abb. 59: Zusammenfassung der Cryptosporidien-Untersuchungen an der Swist.....	137
Abb. 60 : Scheinkorrelation zwischen Giardien und Coliformen, hervorgerufen durch einen gemeinsamen Extremwert.....	148
Abb. 61: Mediane Parasitenkonzentrationen an zentralen Stellen der Einzugsgebiete in Regelproben	163
Abb. 62: Mediane Parasitenkonzentrationen an den untersuchten Pegeln bei Regenereignissen.....	163
Abb. 63: Rechnerische Auswirkungen einer Null-Emission der Kläranlage Loch auf die Konzentrationen ausgewählter Organismen im Schiefelsbach.....	166
Abb. 64: Rechnerische Auswirkungen einer Null-Emission der Kläranlagen auf die mikrobiellen Verhältnisse im Unterlauf des Swistbaches	166

Foto-Verzeichnis

Foto 1: Swist im Bereich der Einleitung der Kläranlage Miel	41
Foto 2: Fischteiche oberhalb der Probestelle P16	46
Foto 3: Probenahmestelle P14.....	65
Foto 4: Probestelle P16	65
Foto 5: Ablauf Kläranlage Hillesheim	69
Foto 6: Ablaufrinne des RÜB II der Kläranlage Flerzheim	70
Foto 7: Darstellung von <i>Giardia lamblia</i> und <i>Cryptosporidium sp.</i> im Mikroskop	79
Foto 8: Viehtritt im Oberlauf des Schiefelsbaches oberhalb Probestelle P16.....	138
Foto 9: Viehtränkestelle an der Kläranlage Loch.....	138
Foto 10: Damwildgehege oberhalb der Probestelle P16	138

Kartenverzeichnis

Karte A: Landnutzung im Einzugsgebiet des Nauholzbaches	16
Karte B: Landnutzung im Einzugsgebiet des Wahnbaches.....	24
Karte C: Landnutzung im Einzugsgebiet der Kall	33
Karte D: Gewässer-Strukturkartierung der Swist.....	40
Karte E: Landnutzung im Einzugsgebiet der Swist.....	48
Karte F: Entwässerungsgebiete der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist.....	57
Karte G: Einzugsgebiet Nauholzbach und Probenahmestelle	59
Karte H: Einzugsgebiet Wahnbach und Probenahmestellen Pegel und KA Hillesheim.....	60
Karte I: Einzugsgebiet Kall und Probenahmestellen.....	61
Karte J: Einzugsgebiet Swist mit Probenahmestellen	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten der untersuchten Kläranlagen	50
Tabelle 2: Abschläge des RÜB I der Kläranlage Flerzheim im Untersuchungszeitraum	53
Tabelle 3: Übersicht über die Probenahmepunkte an Gewässern	58
Tabelle 4: Gewässerparameter an den Probenahmestellen an der Swist.....	67
Tabelle 5: Übersicht über die Probenahmestellen an Kläranlagen.....	68
Tabelle 6: Zeitregime der Regelprobenahmen an Kall, Nauholzbach und Wahnbach	71
Tabelle 7: Grenzwerte für Ereignisprobenahmen an den Pegeln Kall, Nauholzbach und Wahnbach	73
Tabelle 8: Zeitregime der Regelproben an Gewässern im Einzugsgebiet der Swist.....	73
Tabelle 9: Zeitregime der Regelprobenahme an Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist	74
Tabelle 10: Klimastationen	78
Tabelle 11: Zusammenfassung der Kläranlagen-Betriebsbedingungen	97
Tabelle 12: Vergleich einiger Kenndaten der Einzugsgebiete	132

Tabelle 13: Zusammenfassung der Ergebnisse der Regelproben an den Gewässern	135
Tabelle 14: Zusammenfassung der Untersuchungen bei Starkregenereignissen.....	139
Tabelle 15: Zusammenfassung der Kläranlagen-Untersuchungen.....	140
Tabelle 16: Parasiten-Reduktionsleistungen der Kläranlagen in log-Stufen.....	142
Tabelle 17: Signifikanzgrenzwerte des Rang-Korrelationskoeffizienten nach Spearman (aus [5]).....	143
Tabelle 18: Rangkorrelationen <i>Cryptosporidium</i> mit anderen Parametern in Regelproben am Gewässer	143
Tabelle 19: Rangkorrelationen <i>Giardia lamblia</i> mit anderen Parametern in Regelproben am Gewässer	144
Tabelle 20: Rangkorrelationen der Parasitendauerstadien mit anderen untersuchten Parametern in Regenereignis-Proben	146
Tabelle 21: Theoretisch ermittelter Kläranlagenanteil der an der Stelle P22 nachgewiesenen Organismen ...	159
Tabelle 22 : Anteil der Proben mit Überschreitungen der "Action-Level"	168

1 Einleitung

1.1 Anlaß

Immer wieder wurde und wird in der Fachliteratur diskutiert, welchen Einfluß unterschiedliche Flächennutzungen in Fließgewässer-Einzugsgebieten auf die Konzentrationen und Frachten der Dauerformen der Parasiten *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia* im Gewässer haben. Ebenso ist die Rolle unterschiedlicher Niederschlags- und Hochwasserverhältnisse auf diese Parameter noch nicht abschließend geklärt.

Daß die beiden einzelligen Parasiten *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia* eine humanmedizinische Bedeutung haben, ist seit fast 30 Jahren bekannt; mehrere trinkwasserbedingte Ausbrüche vor allem durch *Cryptosporidium sp.* sind in den 80-er und 90-er Jahren beschrieben worden. Die "offizielle Anerkennung" als trinkwasserübertragene Krankheitserreger ist spätestens seit 1996 mit der Aufnahme in die Guidelines for Drinking Water Quality der Weltgesundheitsorganisation [143] erfolgt. Sowohl verbesserte epidemiologische Verfahren, wie auch neue hygienisch-mikrobiologische Untersuchungsmethoden hatten seinerzeit zu der Erkenntnis geführt, daß das Spektrum der trinkwasserübertragenen Krankheitserreger erheblich zu erweitern war.

Vor diesem Hintergrund, und um zu klären, wieweit menschliche Nutzungen von Fließgewässern -vornehmlich die Verwendung zur Trinkwasseraufbereitung- durch bestimmte Flächennutzungen und/oder Einleitungen von Siedlungsabwässern eingeschränkt werden, führte das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn im Auftrag und mit Förderung durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (MUNLV) in vier verschiedenen Fließgewässer-Einzugsgebieten zwei Forschungsprojekte zur hygienisch-mikrobiologischen Qualität von Fließgewässern durch. Das Augenmerk dieser Untersuchungen lag neben den genannten Parasiten auch auf verschiedenen bakteriellen Indikatororganismen und einigen orientierenden chemischen Parametern. Gemeinsames Ziel dieser Forschungsarbeiten war es, die Kenntnisse über Quellen hygienisch-mikrobiologischer Belastungen von Fließgewässern deutlich zu verbessern, und Aussagen über wetterbedingte Veränderungen der hygienischen Qualität zu ermöglichen.

Die vorliegende Arbeit führt nun die Ergebnisse der parasitologischen Untersuchungen aus den getrennt durchgeführten Forschungsvorhaben einer gemeinsamen Analyse und Bewertung zu. Durch das vergrößerte Datenkollektiv sollte es möglich werden, Interpretationsansätze zu verfestigen und die Übertragbarkeit von Erklärungsansätzen von einem auf andere Einzugsgebiete zu überprüfen.

1.2 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Arbeit sollte insbesondere weitergehenden Aufschluß darüber geben,

- ob sich unterschiedliche Nutzungsmuster der Flächen im Einzugsgebiet von Oberflächengewässern in den Parasitenkonzentrationen widerspiegeln, die im Gewässernetz gemessen werden können,
- wie sich Parasitenkonzentrationen im Gewässer unter hohen Abflüssen durch Niederschläge verändern

- wie hoch die parasitologische Belastung von Siedlungsabwässern vor ihrer abwassertechnischen Behandlung ist,
- in welchem Maße unterschiedliche Abwasserreinigungsverfahren geeignet sind, die parasitäre Belastung von Abwässern zu reduzieren,
- welche Bedeutung Kläranlageneinleitungen für die parasitologische Belastung der jeweiligen Gewässersituation im Vergleich zu anderen Eintragspfaden (Wildtiere, Landwirtschaft, Freizeitnutzung, Mischwasserabschläge) haben,
- welche Verbesserungen der parasitologischen Fließgewässerqualität durch eine Ertüchtigung der untersuchten Kläranlagen erwartet werden könnten,
- wie aktuelle Fließgewässernutzungen aus hygienisch-medizinischer Sicht zu bewerten und welche zukünftigen Nutzungen bei einer Verbesserung der parasitologischen Fließgewässerqualität möglich sind.

1.3 Vorgehensweise und Gliederung des Textes

Die folgende kurze Darstellung der Herangehensweise an die Bearbeitung der Fragestellungen soll einen Überblick über die chronologische Abfolge der Arbeiten geben. Diese spiegelt sich im Wesentlichen in der Gliederung des Textes wider und dient so gleichzeitig als Überblick über den Aufbau des Textes.

Zu Beginn der Untersuchungen wurde jedes der Einzugsgebiete hinsichtlich seiner Flächennutzungsstrukturen eingehend charakterisiert. Wo möglich, wurde dies anhand bestehender Kartierungen durchgeführt, fehlende Daten wurden durch eigene Kartierungen oder aus vorhandener Literatur ergänzt. In jedem Fall fanden eingehende Begehungen bzw. Befahrungen der Gebiete statt, um anschließend unter Zuhilfenahme ortskundiger Experten für den jeweiligen Zweck repräsentative Probenahmestellen auswählen zu können. An den Kläranlagen wurden dazu in der Regel die beschriebenen StUA-Meßpunkte genutzt.

In Zusammenarbeit mit den Experten vor Ort (in der Regel Mitarbeiter des zuständigen Wasserwerkes bzw. Wasserverbandes) wurden anschließend Zeitpläne für die Beprobung der Stellen aufgestellt und Auslösewerte für die Beprobung von Starkregenereignissen festgelegt.

Die Ergebnisse der Beprobungen wurden zunächst getrennt nach den einzelnen Parametergruppen (Vor-Ort-Messung, Wasserchemie, Bakteriologie, Parasitologie) dargestellt, auf Plausibilität geprüft und ausgewertet. Dazu ist anzumerken, daß für die vorliegende Arbeit lediglich die Ergebnisse der parasitologischen Analytik ausführlich ausgewertet und diskutiert wurden; Die übrigen Ergebnisse wurden über ihre bloße Darstellung hinaus nur bei der anschließenden gemeinsamen Auswertung und Diskussion und bei den statistischen Analysen auf Zusammenhänge berücksichtigt. Eine separate Diskussion der chemischen und bakteriologischen Parameter ist in eigenen Texten in Arbeit. Im Zusammenhang mit der Diskussion und Deutung der parasitologischen Ergebnisse erfolgte eine intensive Literaturrecherche mit dem Ziel, die eigenen Ergebnisse zu plausibilisieren, sie in einen größeren Kontext zu stellen und eigene Deutungsansätze mit denen anderer Autoren zu vergleichen. Aus der eigenen Diskussion und den Literaturangaben resultierten schließlich verallgemeinernde Schlussfolgerungen zu den Zielen der Arbeit.

2 Bedeutung der untersuchten Parasiten

Giardia lamblia und *Cryptosporidium parvum* sind einzellige Darmparasiten, die schwere Durchfallerkrankungen verursachen können. Einen wesentlichen Übertragungsweg stellt Trinkwasser dar, welches aus mit menschlichen oder tierischen Fäkalien verunreinigtem Oberflächenwasser gewonnen wurde [34]. Beide Parasiten werden von infizierten Menschen und Tieren zum Teil in großen Mengen ausgeschieden. Daß diese beiden Organismen nicht nur wichtige Erreger gastrointestinaler Infektionen sind, sondern darüber hinaus zu häufigen Erregern trinkwasserbedingter Infektionen zu zählen sind, ist erst seit wenigen Jahren bzw. Jahrzehnten bekannt. Es besteht in den USA kein Zweifel mehr darüber, daß diese beiden Organismen die bedeutendsten Ursachen wasserbedingter Erkrankungen sind. Sie können beide mit tierischen wie auch menschlichen Faeces ausgeschieden werden und zeichnen sich insbesondere durch eine ungewöhnlich hohe Resistenz gegenüber Umwelteinflüssen und Desinfektionsmitteln aus. Vor allem nach Starkregenereignissen oder Schneeschmelzen, die in Oberflächengewässern zu starken Trübungen führen, können sie z.B. aufgrund der so beeinträchtigten Trinkwasseraufbereitung bis in das Trinkwasser gelangen.

Charakteristisch ist für beide Organismen eine außerordentlich niedrige Infektionsdosis, und beide sind so in der Lage, auch beim gesunden Menschen Infektionen auszulösen.

Im Gegensatz zu *Giardia*, bei der gute therapeutische Möglichkeiten bestehen, sind Infektionen mit *Cryptosporidium* nur symptomatisch zu behandeln. Insbesondere bei abwehrgeschwächten Menschen können Cryptosporidien daher zu äußerst schweren Krankheitsverläufen führen, mit zum Teil tödlichem Ausgang [18, 20, 32, 91, 116]. Die bislang größte durch Trinkwasser ausgelöste Epidemie mit schätzungsweise über 400.000 erkrankten Menschen wurde in Milwaukee USA durch Cryptosporidien ausgelöst [25].

Die Erkenntnisse über diese Krankheitserreger und ihre Bedeutung bei trinkwasserübertragenen Infektionen haben erhebliche Auswirkungen hinsichtlich der Maßnahmen zum Schutz des Rohwassers beispielsweise für die Trinkwasseraufbereitung vor Abwässern sowie landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Einflüssen. Über den Schutz des Rohwassers hinaus ist die Optimierung der Aufbereitungsprozesse von entscheidender Bedeutung. Dabei gilt die Flockungsfiltration als die wichtigste Barriere gegen das Durchschlagen der Parasiten auf die Reinwasserseite.

Richtwerte für pathogene Protozoen im Rohwasser sind nicht vorhanden und nach Angaben der WHO auch kaum zu erstellen [142]. Nach WHO-Angaben sollten die Erreger daher im Trinkwasser nicht nachweisbar sein, da bereits wenige Mikroorganismen ausreichen können, um Infektionen beim Menschen auszulösen. Diese Forderung ist noch unbefriedigend, da das Freisein einer Probe von Cryptosporidien und Giardien lediglich eine Frage des Untersuchungsvolumens ist.

In Deutschland sind Trinkwasserepidemien durch Cryptosporidien bisher nicht bekannt geworden [138]. Ein erster trinkwasserbedingter *Giardia*-Ausbruch wurde im Jahre 2000 in Rheinland-Pfalz beschrieben [52]. Beide Parasiten sind jedoch auch in deutschen Oberflächenwässern weit verbreitet. In einer wiederholten Untersuchung von sechs derartigen Wasserressourcen waren 75,3 % der Proben parasitologisch positiv [75]. In einer

anderen Untersuchung waren 96% der untersuchten Oberflächenwässer hinsichtlich *Cryptosporidien* positiv [53].

2.1 Giardia lamblia

Taxonomisch wird *Giardia* innerhalb der Protozoen dem Stamm der *Sarcomastigophora*, der Klasse der *Zoomastigophorea* und der Ordnung der *Diplomonadida* zugeordnet, innerhalb der sie zur Familie der *Hexamitidae* gehört [61]. Synonym zum Artnamen *Giardia lamblia* werden die Namen *Giardia duodenalis*, *Giardia intestinalis*, *Giardia enterica*, *Lamblia intestinalis* und *Lamblia duodenalis* verwendet [104].

Giardia lamblia kommt in zwei Stadien vor, den Trophozoiten und den Cysten. Letztere besitzen eine sehr hohe Umweltresistenz. *Giardia lamblia* (synonym: *G. duodenalis*, *G. intestinalis*) hat einen einfachen Entwicklungszyklus: Die mit Flagellen ausgerüsteten, zweikernigen Trophozoiten setzen sich mit ihrer ventralen Saugscheibe am Epithel des Dünndarms des Wirts fest und vermehren sich dort mittels Zweiteilung. Hier kommt es auch zur Transformation vom Trophozoiten zur Cyste, die dann als Dauerstadium ausgeschieden wird. Diese Cyste ist von ovaler Form mit einer Länge von ca. 8-12 µm und einer Breite von 7-10 µm [39]. Mit der Aufnahme der Cyste durch einen neuen Wirt beginnt der Zyklus von neuem [70].

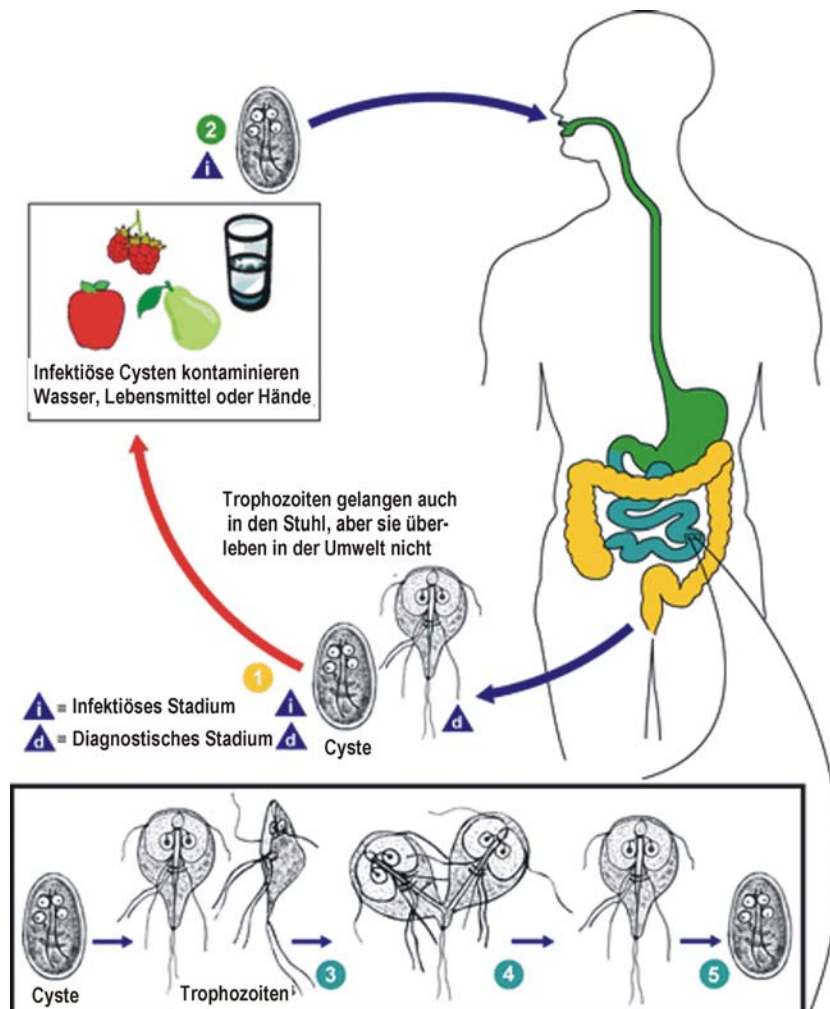


Abb. 1 : Entwicklungszyklus von *Giardia lamblia*

Verändert nach http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/ImageLibrary/Giardiasis_il.htm

Giardia lamblia kommt weltweit vor und gilt in den USA, Australien und Großbritannien als die häufigste Ursache von Durchfallerkrankungen. Insgesamt liegt die Häufigkeit von Giardiasis in entwickelten Ländern bei 2 bis 7%. Auch wenn für Deutschland epidemiologische Daten hierzu fehlen, dürfte die Häufigkeit von durch *Giardia* verursachten Durchfallerkrankungen hierzulande mit der in den USA, Australien und Großbritannien vergleichbar sein. In bestimmten Bevölkerungsschichten erreicht die Infektionsrate sogar 20 bis 60 % [94], z.B. in Kindergärten. Weitere Wirte für die Gattung *Giardia sp.* sind Säuger, Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische [70]. Hauptreservoir für die den Menschen befallende *Giardia lamblia* ist der Mensch selbst. Es gibt Anzeichen, daß eine Übertragung von anderen Säugern auf den Menschen und umgekehrt möglich ist. Beispiele für die Übertragung vom Menschen auf Säuger sind Biber, Ratten, Mäuse, Meerschweinchen, Hunde Katzen, Mufflons und Rinder, Beispiele für den umgekehrten Weg Biber und Rinder [22, 100]. Infizierte Säuger geben bis zu 900 Millionen Cysten pro Tag mit dem Stuhl ab [37].

Eine Infektion erfolgt durch die orale Aufnahme von *Giardia*-Cysten, meist über fäkalverunreinigtes Wasser. Zum ersten Mal wurde ein Ausbruch durch verunreinigtes Trinkwasser 1965 aus einem Skigebiet in Colorado berichtet. 1974 kam es wiederum zu einem Giardiasis-Ausbruch dort, bei dem *Giardia* aus der betroffenen Wasserversorgung isoliert werden konnte. 359 Personen erkrankten bei diesem Ausbruch in einem Zeitraum von sieben Monaten an Giardiasis mit Erbrechen und Durchfall.

In den USA registrierte man zwischen 1965 und 1990 111 trinkwasserbedingte Ausbrüche durch *Giardia*, wobei insgesamt 26.407 Personen an einer Giardiasis erkrankten. Zwischen 1989 und 1990 erkrankten bei insgesamt sieben wasserbedingten Ausbrüchen insgesamt 697 Menschen an Giardiasis. Auch in Kanada, England und Schweden traten Epidemien auf [75, 80, 122]. Epidemischen Ausbrüchen lagen dabei stets höhergradige Kontaminationen des Trinkwassers zugrunde. Diese waren bei Giardien darauf zurückzuführen, daß das in deutschen Oberflächenwasserwerken übliche Multibarrieren-Konzept der Wasseraufbereitung (ein- oder mehrstufige Filtration, zusätzlich in der Regel Desinfektion) nicht umgesetzt war [75].

Eine Infektion mit *Giardia* kann in drei verschiedenen Verlaufsformen münden: Einer asymptomatischen Cystenpassage, einer akuten, in der Regel selbstlimitierenden Durchfallerkrankung oder in ein chronisches Syndrom mit Diarrhoe, Malabsorption und Gewichtsverlust.

Von 100 Menschen, die Cysten von *Giardia* aufnehmen, werden 5 bis 15% asymptomatische Ausscheider, 25 bis 50% entwickeln einen akuten ein- bis mehrwöchigen Durchfall, die übrigen 35 bis 70% zeigen keinerlei Infektionsanzeichen. Die Ausscheidung von Cysten ohne Symptome kann bis zu sechs Monate dauern. Die Inkubationszeit vor Beginn von Symptomen beträgt ein bis zwei Wochen. Als Symptome einer Giardiasis sind zu nennen akuter Durchfall, Bauchkrämpfe und Flatulenz. Übelkeit, Erbrechen, Krankheitsgefühl und Fieber werden ebenfalls angegeben. Im Falle einer chronischen Verlaufsform kommt es zusätzlich zu einer starken Müdigkeit, eventuell Kopfschmerzen und diffusen Bauchbeschwerden.

Der Hauptverunreinigungspfad, über den Giardien in Gewässer gelangen, sind fäkale Verunreinigungen vor allem durch Siedlungsabwässer, aber auch durch Ausscheidungen von Vieh und Wildtieren. Nach den von [73] an Bismarratten, Mäusen und Nutztieren in Uferbereichen ist eine Kontamination von Gewässern mit *Giardia*-Cysten immer zu erwarten. Biber und Bismarratten andererseits können durch menschliche Fäkalien in

Siedlungsabwässern mit Cysten in Kontakt kommen und sich infizieren [122]. Unter Berücksichtigung der Verbreitung von *Giardia*-Infektionen bei Mensch und Tier ist anzunehmen, daß alle Oberflächengewässer zumindest zeitweise Cysten enthalten. Die gesundheitliche Relevanz hängt von der Konzentration der Cysten, ihrer Herkunft, den Überlebensmöglichkeiten der Erreger im Umfeld und natürlich von der Nutzung des Gewässers ab.

2.2 *Cryptosporidium* sp.

Taxonomisch wird *Cryptosporidium* innerhalb der Protozoa dem Stamm der *Apicomplexa*, der Klasse der *Sporozoa* und der Ordnung der *Eucoccidiida* zugeordnet. Innerhalb der Unterordnung der *Eimeriina* gehört die Gattung zur Familie der *Cryptosporidiidae* [33].

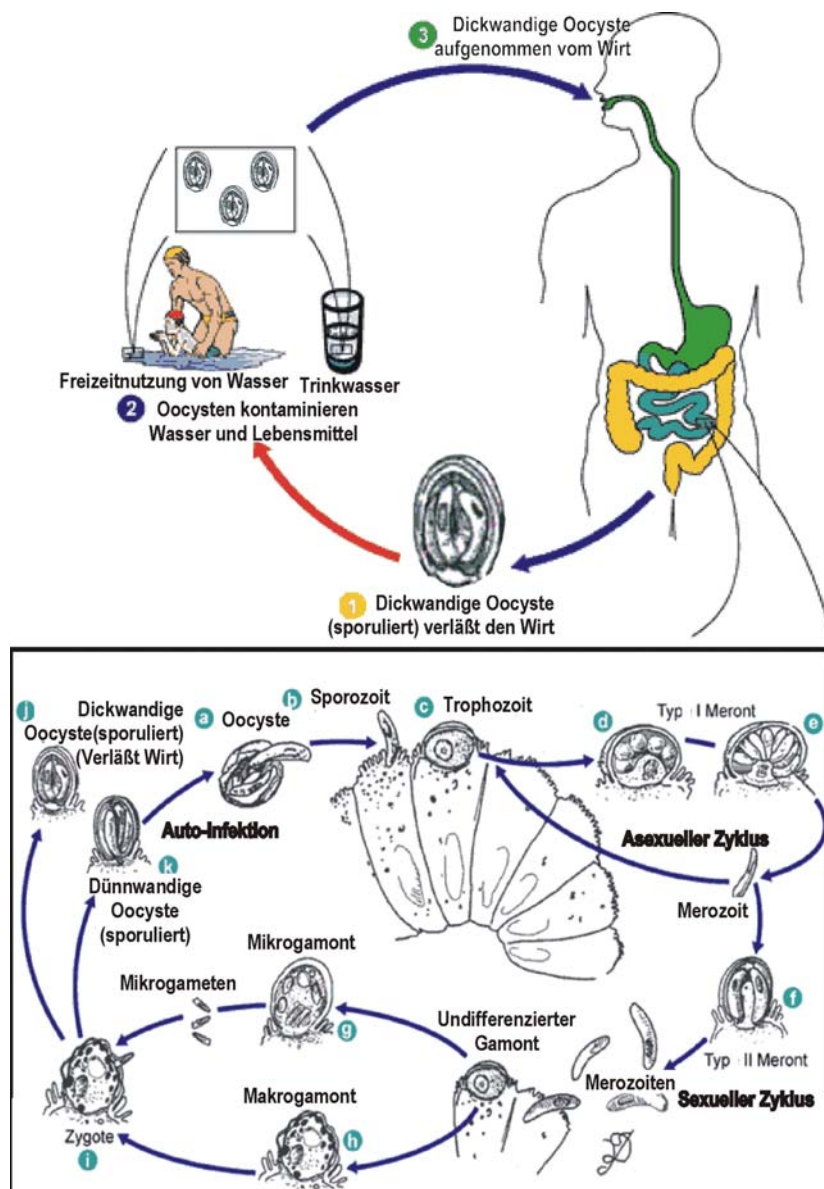


Abb. 2 : Entwicklungszyklus von *Cryptosporidium parvum*

Verändert nach http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/ImageLibrary/Cryptosporidiosis_il.htm

Cryptosporidien stellen 2-6 µm große Protozoen mit obligat parasitärem, intrazellulären Lebenszyklus dar. Sie durchlaufen ihren komplexen Lebenszyklus monoxen, d.h. ohne sekundären Wirt. Der Entwicklungszyklus von *Cryptosporidium parvum* kann in sechs Schritte unterteilt werden: Excystierung der Oocysten im Darm des Wirtes, asexuelle Vermehrung im Wirt, Bildung von Gameten, Keimzellenverschmelzung, Bildung der Oocystenwand und schließlich die Bildung von Sporozoiten innerhalb der Oocyste [39]. Die Oocyste ist das infektiöse Stadium, welches den Wirt verläßt. Sie hat annähernd die Form einer Kugel mit 4-5 µm Durchmesser und ist dank ihrer dicken Wand weitgehend resistent gegen Umwelteinflüsse und Desinfektionsmaßnahmen, insbesondere Chlordesinfektion [35]. Eine zweite Form von Oocysten mit einer dünnen Wand beginnt im selben Wirt einen neuen Entwicklungszyklus. Diese Selbstinfektion führt zu stark infizierten Darmepithelien und resultiert in malabsorptivem oder sekretorischem, wäßrigem Durchfall [36].

Als Erreger schwerer Durchfallerkrankungen wurden Cryptosporidien erstmals 1955 bei Truthühnern ermittelt. In den Folgejahren wurden sie vereinzelt als Durchfallerreger bei Tieren, vor allem Kälbern, Ziegen, Lämmern und Schweinen beschrieben. Die erste Beschreibung einer Infektion beim Menschen erfolgte erst 1976 bei einem Kleinkind auf einem Bauernhof. Weitere Meldungen von Infektionen beim Menschen bezogen sich zunächst immer auf solche, die immunsupprimiert waren (z.B. AIDS-Patienten), oder die dicht mit Tieren zusammenlebten.

Inzwischen wird *Cryptosporidium* weltweit als der dritthäufigste enteropathogene Erreger angesehen, und ist hauptsächlich bei Kleinkindern von Bedeutung [121]. Die Organismen sind wenig wirtsspezifisch und lassen sich daher in allen Wirbeltierklassen nachweisen. So sind inzwischen allein mehr als 40 Säugetiere bekannt, welche dem Parasiten *Cryptosporidium parvum* als Wirt dienen können. Neben dem Menschen konnten auch Haustiere (Katze, Hund), Nutztiere (Rind, Schwein) und wildlebende Tiere (Rehe, Fuchs etc.) als Erregerreservoir identifiziert werden. Große Bedeutung haben Cryptosporidien in der Kälberaufzucht, wo im deutschsprachigen Raum Befallsraten von bis zu 44% dokumentiert sind.

Allgemein sind bei Säugetieren besonders Jungtiere betroffen, die nach der Genesung resistent gegen die Erreger scheinen. Kälber scheiden bei der normalerweise selbstlimitierend verlaufenden Durchfalls-Erkrankung etwa sechs Tage nach Infektion erstmals Oocysten aus. Die Ausscheidungsintensität erreicht zwischen dem 10. und 13. Tag ein Maximum bei bis zu 10^7 Oocysten/g Kot. Von einem Kalb können so bis zu 10^{10} Cryptosporidien-Oocysten pro Tag abgegeben werden, über einen Zeitraum von bis zu zehn Tagen [19].

Beim Menschen verläuft die Erkrankung bei immunkompetenten und immunsupprimierten Personen unterschiedlich: Bei ersteren ist das Krankheitsbild durch profuse wässrige choleraähnliche Durchfälle mit Schleimbeimengungen geprägt, selten mit Blut oder Leukozyten, begleitet von abdominellen Krämpfen, Übelkeit, Erbrechen, subfebrilen Temperaturen, Kopfschmerz und Schwächegefühl. Die Erkrankung verläuft bei diesem Personenkreis selbstlimitierend über einen Zeitraum von drei bis zwölf Tagen. Schwere Fälle von bis zu zwölf Wochen Dauer wurden allerdings schon beschrieben [41, 136]. Etwa sieben Tage nach Genesung endet auch die Ausscheidung von Oocysten, die in Einzelfällen aber bis zu zwei Monaten dauern kann. Patienten mit schwerer Immundefizienz, wie z.B. HIV-Patienten, entwickeln dagegen ein fortschreitendes Krankheitsbild. Die Letalität in diesem Personenkreis kann bis zu 80% betragen. Der Flüssigkeitsverlust bei Cryptospori-

diosis beträgt in der Regel drei bis sechs Liter pro Tag, in Extremfällen wurde über bis zu 17 Liter wässriger Stuhl berichtet.

Eine ursächliche Therapie gegen Cryptosporidiose ist bislang nicht bekannt.

Infektionsquellen für den Menschen sind erkrankte Haus-, Nutz- und Wildtiere, erkrankte Menschen, kontaminierte Lebensmittel und kontaminierte Oberflächen- und Trinkwässer.

Die (Trink-)Wasser-bedingte Übertragung wird durch folgende Faktoren begünstigt:

- Infizierte Menschen und Tiere scheiden voll sporulierte und infektiöse Oocysten aus.
- Geringe Wirtsspezifität ergibt eine hohe Wahrscheinlichkeit, in der Umwelt einen geeigneten Wirt zu finden.
- Die Oocysten besitzen eine hohe Umweltresistenz und überstehen viele Wasserbehandlungs- und Aufbereitungsverfahren. Ihre außergewöhnliche Desinfektionsresistenz läßt sie normale Trinkwasserchlorung überstehen (für eine 90%-ige Inaktivierung sind 80 mg/l Chlor über einen Zeitraum von 90 Minuten nötig).
- Die geringe Größe der Oocysten begünstigt das Durchschlagen von Filtrationsprozessen.
- Die geringe Infektionsdosis (<100 Oocysten) ist bei Aufnahme kontaminierten Wassers schnell erreicht.
- Der monoxene Lebenszyklus (Abschluß des gesamten Zyklus' im gleichen Wirt) schützt den Parasiten vor Umwelteinflüssen.

Gegenüber Ozon scheinen Cryptosporidien-Oocysten 30-mal resistenter zu sein, als *Giardia*-Cysten, auch gegenüber Chlordioxid sind sie resistenter.

Untersuchungen von [53] wiesen in 78% der untersuchten Oberflächengewässer in Nordrhein-Westfalen Oocysten nach. Die Werte dieser Studie stimmen mit Ergebnissen anderer Autoren aus USA und Großbritannien überein ([19, 20, 32, 73, 74, 89, 90, 115, 120-122]).

Allgemein wird davon ausgegangen, daß wenige Oocysten (1 bis 100) ausreichen, um eine Infektion beim Menschen auszulösen. Abschließend geklärt ist die Frage nach infektionsrelevanten Konzentrationen vor allem im Trinkwasser aber bis heute nicht. Bisher vorliegende Untersuchungen zeigen, daß nach [18] im Zusammenhang mit trinkwasserbedingten Cryptosporidien-Ausbrüchen im Wasser Konzentrationen von 0,04 bis 4,8 Oocysten pro Liter nachgewiesen wurden. Es war jedoch nicht endgültig festzustellen, welchen Konzentrationen die Verbraucher tatsächlich exponiert waren. Auch der Nachweis von Oocysten im Wasser muß nicht notwendigerweise ein Infektionsrisiko darstellen und niedrige Konzentrationen (0,003 bis 0,3/l) wurden durchaus in aufbereitetem Wasser nachgewiesen, ohne daß Infektionen erkennbar waren ([18]). Alle diese Angaben beziehen sich allerdings ausschließlich auf epidemiologische Daten im Zusammenhang mit Ausbrüchen. Angaben über das Infektionsrisiko einzelner Verbraucher eines Versorgungsgebietes lassen sich bislang nicht mit Sicherheit machen. Dies ist auch in der Tatsache begründet, daß für Cryptosporidien, anders als für Giardien, kein Modell zur Risikoabschätzung existiert. Es ist allerdings davon auszugehen, daß die Risiken bei Cryptosporidien höher einzuschätzen sind, wegen der Unsicherheiten bei der Desinfektion der Oocysten [121]. Sowohl in Deutschland als auch in der Europäischen Union existiert derzeit kein Richt- oder Grenzwert für das Vorkommen von Cryptosporidien in Oberflächenwässern, wie auch in Roh- oder Trinkwässern.

Die ersten dokumentierten trinkwasserbedingten Krankheitsausbrüche ereigneten sich 1983/84 in Großbritannien und in den USA. In diesen beiden Ländern kam es bis 1995 zu insgesamt 17 erfaßten Epidemien mit teilweise sehr hohen Erkrankungszahlen [80, 92]. Ausbrüche von Cryptosporidiose standen regelmäßig mit starken Verunreinigungen des Oberflächenwassers in Zusammenhang, die unabhängig von Art und Qualität der Aufbereitung dazu führten, daß die Oocysten das Aufbereitungssystem durchbrechen konnten [122].

3 Die Untersuchungsgebiete und untersuchten Kläranlagen

Die möglichst genaue Beschreibung eines Fließgewässers erfordert neben der Kenntnis des Wasserchemismus, der Biologie und geomorphologischer Kenngrößen des Gerinnes auch eine Charakterisierung des Einzugsgebietes hinsichtlich Größe, Relief, der naturräumlichen Differenzierung und der Landnutzung. Das Einzugsgebiet ist im Sinne des § 1a Wasserhaushaltsgesetz [45] daher auch als „Bestandteil des Naturhaushalts“ zu betrachten.

Um mögliche Quellen für mikrobielle Kontaminationen der untersuchten Fließgewässer zu ermitteln, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit Daten zur Nutzung der Gewässer und des Einzugsgebiets erhoben. Neben der Untersuchung der naturräumlichen Ausstattung der Einzugsgebiete standen dabei folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Nutzung des Wassers als Trink- oder Brauchwasser;
- Nutzung des Gerinnes als Badegewässer, zur Fischzucht oder Erholung;
- Landnutzung im Einzugsgebiet bezogen auf Siedlungsflächen, landwirtschaftliche Nutzflächen, Waldbestände und Gewerbegebiete;
- besondere Merkmale des Einzugsgebietes.

Grundlage für die Charakterisierungen waren zunächst eine intensive Literaturrecherche und Auswertung von vorhandenem Kartenmaterial hinsichtlich Geologie, Geomorphologie, Klima, Hydrologie und Nutzung. Darüber hinaus erfolgten in den Gebieten eigene Begehungen bzw. Befahrungen, bei denen Landnutzungskartierungen auf Grundlage der jeweiligen topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 vorgenommen, bzw. vorhandene Kartierungen aktualisiert wurden. Für das Einzugsgebiet des Wahnbachs lag bereits eine Kartierung der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch den Wahnbachtalsperrenverband (WTV) im Maßstab 1:5.000 als Grundlage für eigene Beobachtungen vor, durch die zusätzliche Informationen gewonnen werden konnten, z.B. zu Waldbestand, Siedlungs- und Gewerbeflächen und sonstigen Nutzungen und möglichen Belastungsquellen.

Die Kartierung in allen Einzugsgebieten bezieht sich auf diejenigen Gebietsflächen, die auf die jeweils tiefstgelegenen Meßstellen der untersuchten Gewässer einwirken.

Der Kartierungsschlüssel für die Kartierungen im Einzugsgebiet des Nauholzbaches, der Kall und des Wahnbachs umfaßte:

1. Ackerflächen
2. Gewässerflächen
3. Grünland (auch Lichtungen)
4. Industrie- und Gewerbegebiete
5. Moor/Sumpfgebiete
6. Siedlungsflächen
7. sonstige Nutzung (Brache, sehr spezielle Nutzungen)
8. Wald

Die Landnutzung des gesamten Einzugsgebiets der Swist und ihrer Nebengewässer konnte aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) der Länder Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz übernommen werden. Der Kartierungsschlüssel der ATKIS-Daten umfaßt allerdings eine Vielzahl von Flächennutzungen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde der Kartierungsschlüssel für die vorliegende Arbeit in den beiliegenden Karten auf die oben bereits genannten Kategorien zusammengefaßt.

Durch Anfragen und Interviews bei Fachbehörden konnten die Charakterisierungen durch weitergehende Informationen zur Abwasserbehandlung und Kanalisation, Anzahl und Größe der landwirtschaftlichen Betriebe, Forstbewirtschaftung, Auflagebestimmungen, Wasserschutzzonen etc. weiter verfeinert werden. Wichtige Ansprechpartner und Institutionen waren hier die zuständigen Wasserverbände und Kläranlagenbetreiber (Wasserwerk des Kreises Aachen GmbH, Wahnbachtalsperrenverband, Wasserverband Siegerland, Erftverband, Aggerverband, Stadt Niederkassel), die zuständigen Staatlichen Umweltämter (Siegen, Aachen, Köln), die Landwirtschaftskammer Rheinland, sowie die Forstverwaltungen und diverse Ämter der betroffenen Kommunen. Von den Kläranlagenbetreibern wurden die relevanten Parameter (technische Betriebsdaten, Anzahl der angeschlossenen Haushalte und Gewerbebetriebe, Menge der aufbereiteten Abwässer) für den Untersuchungszeitraum dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

In allen Gebieten wurden außerdem zur Dokumentation Fotos aufgenommen. Die gewonnenen Daten wurden z. T. in ein mit der Software ArcView[®] verwaltetes Geographisches Informationssystem zur weiteren Analyse und Visualisierung überführt.

Im Folgenden werden die untersuchten Einzugsgebiete zunächst einzeln ausführlich beschrieben. Ein zusammenfassender Vergleich folgt im Kapitel 6.1 ab Seite 131.

3.1 Nauholzbach

3.1.1 Naturräumliche Ausstattung

Geographische Lage

Die Obernau-Talsperre mit dem Nauholzbach als größtem Zufluß liegt östlich des Ortes Netphen an der Westabdachung des Rothaargebirges, einem Teil des östlichen Rheinischen Schiefergebirges. Mit Höhen zwischen 300 m ü.NN - 650 m ü.NN ist das Gebiet als Mittelgebirgsregion zu bezeichnen. Nach Südwesten öffnet sich der industrialisierte Bereich der Stadt Siegen, im Südosten schließt sich das bereits zu Hessen gehörende Lahn-Dill-Gebiet an. Administrativ gehört der Bereich zur Gemeinde Netphen im Landkreis Siegen-Wittgenstein. Als Siegerland wird in den Grenzen des Altkreises Siegen die zwischen Westerwald, Bergischem Land, Sauerland und Rothaargebirge eingebettete Gebirgsmulde an der oberen Sieg und ihren Nebenflüssen bezeichnet [6]. Der Reichtum an Eisenerz ermöglichte den Aufstieg Siegens zum Industriezentrum an der Südgrenze Westfalens. Demgegenüber erstreckt sich das Wittgensteiner Land über die Höhen des Rothaargebirges nach Norden ins Sauerland. Ein Großzentrum wie Siegen fehlt dort.

Geologie und Böden

Im Einzugsgebiet des Nauholzaches stehen in der Hauptsache graublau schluffige Tonschiefer mit vereinzelten grau-grünen Silt- und Sandsteinlagen an. Im Bereich der Obernau-Talsperre wechseln Gesteine des Mitt-

leren und Oberen Siegen. Die Gesteine des Mittleren Siegen sind insgesamt sandiger und reich an Klüften. Der gesamte Komplex wird als „Siegener Antiklinorium“ bezeichnet, in dem der „Schuppensattel“ mit älteren Gesteinen des Unteren Siegen zutage tritt.

Entlang von Aufschiebungen - insbesondere der Siegener Hauptaufschiebung - drangen während des Variszikums metallhaltige Lösungen auf, aus denen sich Blei-, Zink-, Kupfer- und Silbererze abschieden. Gebunden an Abschiebungen entstanden hochwertige Eisenerzlagerstätten. Diese wurden seit der Eisenzeit im Siegerland abgebaut, vor Ort verhüttet und schließlich in zahlreichen Schmieden verarbeitet. Anfang dieses Jahrhunderts begann der Niedergang des Erzbergbaus. Seit 1965 ruht die Eisenerzförderung im gesamten Siegerland. Im Gegensatz zum Gebiet um Siegen ist der Erzgehalt im Untersuchungsgebiet gering.

Der Felsuntergrund wird von quartären Lockersedimenten überlagert. In Mulden und im Talgrund finden sich tonig-schluffige Geröllagen (teils von Lößlehm geringer Mächtigkeit überlagert), in den Hängen grober Hangschutt. Diese bilden die Grundlage für geringmächtige, basenarme Braunerden. Bei Staunässe auf den Höhen (z.B. beim Forsthaus Hohenroth) können Pseudogleye ausgebildet sein, und an exponierten Standorten - insbesondere mit den hier häufigen Fichtenforsten - sind Podsolierungsansätze vorhanden. In den Talauen z.B. im Unterlauf des Nauholzaches hingegen führen Nährstoffakkumulation, der Grundwassereinfluß und die größere Mächtigkeit der Auenlehme zur Ausbildung von Braunerde-Gleyen oder echten Gleyen.

Geomorphologie

Das Untersuchungsgebiet grenzt unmittelbar an die südwestlichen Höhen des Rothaargebirges an. Das Tal des Nauholzaches schneidet sich als Kerbtal tief in die vollkommen aufgelöste Hochfläche ein. Die höchste Erhebung befindet sich im NE des Einzugsgebiets an der L 722 bei annähernd 660 m ü.NN, der Pegel Nauholzbach auf 378 m ü.NN. Dieses tiefe Tal wurde erst im Pleistozän, bedingt durch periglaziale Erscheinungen (tiefere Erosionsbasis, „Eisrindeneffekt“, nach [12]) in Verbindung mit der schnellen Hebung des Rheinischen Schildes, angelegt. Im Tertiär hatten hier subtropisch/tropische Verhältnisse eine schwach reliefierte stufenförmig aufgebaute Rumpffläche geschaffen, deren höchste Erhebungen im Gebiet des Kahlen Astens lagen. Heutzutage schreitet die Zertalung mit großer Geschwindigkeit durch rückschreitende Erosion fort; ein flächenhafter Abtrag der Deckschichten hingegen wird durch die Vegetationsbedeckung verhindert.

Klima und Wettergeschehen

Maritime Luftmassen vornehmlich aus westlichen Richtungen und die Lage im Luv des Rothaargebirges bestimmen das Klima im Bereich der Obernautalsperre. Kennzeichnend sind hohe Niederschläge (1.000 – 1.400 mm/Jahr), insbesondere im Winterhalbjahr, niedrige Temperaturen (6-8°C im Jahresmittel), das Auftreten von Spätfrösten bis Ende Mai, eine hohe Zahl an Frosttagen sowie eine Schneebedeckung für mehr als 2 Monate [7].

Vegetation

Das Siegerland liegt inmitten des mitteleuropäischen Buchenoptimums. Als potentiell natürliche Vegetation im Untersuchungsgebiet wäre daher der an nährstoffarme Verhältnisse angepaßte Hainsimsen-Buchenwald zu erwarten, eine artenarme Gesellschaft ergänzt um wenige weitere Baumarten wie die Traubeneiche und Hainbuche auf trockeneren Standorten. In den Hochlagen mischten sich Bergahorn, Sandbirke und Eberesche, in

den Auen Erle, Esche, Stieleiche, Hainbuche, Bergahorn und Kirsche sowie Silberweide ein. Im Unterwuchs gedeihen insbesondere die Hainsimse, sowie Zwergsträucher wie z.B. Heidelbeere.

Durch den Einfluß des Menschen wurde das natürliche System in der Vergangenheit bis in die heutige Zeit hinein erheblich gestört. Die sogenannte Haubergswirtschaft förderte Eiche und Sandbirke, während Anfang des 19. Jahrhunderts die Fichte als Forstbaumart eingeführt wurde. Letztere gedeiht auf den nährstoffarmen Schieferböden unter den klimatischen Bedingungen oberhalb 400-500 m NN äußerst gut, weshalb sie heute auch auf nicht bewirtschafteten Flächen in Konkurrenz mit der Buche tritt [6]. Sonstige Baumarten wie Douglasie, Japanische Lärche, Kiefer oder Grauerle stellen reine Forstbaumarten dar, würden natürlicherweise also bald verdrängt.

Der Waldanteil der Gemeinde Netphen betrug im Jahr 1982 über 65,1%. Für 1988 wird ein Anteil von 71,3% angegeben [86]. Ein Flächenzuwachs ist aus Gründen des Strukturwandels zu erwarten. Im Einzugsgebiet der Obernautalsperre (ohne Beileitungen) liegt der Waldanteil bei 97% (93,1% gesamt). 3% (6,9% gesamt) entfallen auf Wiesen. Ackerbau sowie Siedlungsflächen fehlen völlig. Im Einzugsgebiet des Nauholzbaches liegt der Waldanteil bei annähernd 100%. Nur vier Wiesenflächen sowie als Siedlungsfläche das Forsthaus Hohenroth fielen bei einer Begehung auf.

Hydrologie

Die Obernautalsperre befindet sich westlich der Hauptwasserscheide zwischen Rhein- und Wesersystem. Auf kurzer Distanz entspringen hier die Sieg, Lahn, Dill und Eder. Die Obernau gehört zum Gewässersystem der Sieg.

Das Einzugsgebiet der Obernautalsperre beträgt 11,3 km² (+ 10,2 km² durch Beileitung des Siegstollens). Die beiden Hauptzuflüsse sind der Nauholzbach und die Obernau. Des weiteren wird über den Sieg-Überleitungsstollen Wasser aus den Quellbereichen von Sieg, Michelbach und Sindernbach zugeleitet.

Das Einzugsgebiet des Nauholzbaches bis zum Pegel umfaßt 3,27 km². Die hohen jährlichen Niederschläge von über 1.000 mm fallen zu 70% im Winterhalbjahr (teils als Schnee). Da die devonischen Schiefer nur entlang von Klüften eine Versickerung ermöglichen, erfolgt der Abfluß auf den flachgründigen Böden hauptsächlich oberflächennah bzw. oberflächlich. Die meisten Quellen schütten normalerweise wenig Wasser; Ihre Schüttung nimmt jedoch bei Niederschlagsereignissen rasch zu. Die geringe Größe des Einzugsgebietes und der verstärkte Abfluß durch Drainagen bzw. Schneisen (insbesondere in Fichtenhainen) bedingen eine kurze Laufzeit des Wassers bis zur Meßstelle.

3.1.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen

Verkehrswege

Innerhalb des Untersuchungsgebietes existieren keine öffentlichen Straßen. Die meisten Waldwege sind geschottert. Ausgenommen sind ein einziger betonierter Fahrweg etwa 1 km talaufwärts sowie die Zufahrt zum Forsthaus Hohenroth mit einem Wanderparkplatz innerhalb des Wasserschutzgebietes, welcher von der L 722 aus erreichbar ist.

Abgesehen von forst- und wasserwirtschaftlichem Verkehr sind Belastungen durch KFZ-Verkehr nicht vorhanden.

Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Der Siedlungsflächenanteil beträgt 0,3% in Form des Forsthauses Hohenroth und des genannten Parkplatzes. Das Forsthaus befindet sich auf der Wasserscheide zur Netphe in direkter Nähe zum Waldparkplatz gelegen. Erwähnenswert ist das rasche Wachstum der Orte Netphen und Brauersdorf in der Nachbarschaft des Einzugsgebietes [26]. Direkt im Einzugsgebiet existieren außer dem Forsthaus keine Siedlungen. Informationen zur Abwasserentsorgung liegen nicht vor.

Bergbau

Im Untersuchungsgebiet wurde - vermutlich auch in historischer Zeit - kein Eisenerz gefördert, da die Gänge entlang der Überschiebung an der Talsperre wenig ergiebig sind.

Die Tonschiefer der Siegener Schichten wurden seit jeher als Dachschiefer verwendet, die Sandsteinbänke für den Hausbau verwandt. Der Abbau erfolgte in Form kleinerer Steinbrüche von wenigen Metern bis Dekametern Ausdehnung. Auch im Nauholzbachtal waren an mehreren Stellen seit Jahrzehnten offengelassene wilde Steinbrüche erkennbar, deren Ausdehnung mit wenigen Metern allerdings äußerst gering ist. Rezente bergbauliche Nutzung ist nicht erkennbar.

Offengelassene Steinbrüche könnten abrutschen und sind unter Umständen erosionsfördernd; bedeutsame Schäden sind aufgrund der geringen Größe nicht zu erwarten.

Industrie und Gewerbe

Im Einzugsgebiet des Nauholzbaches existieren keinerlei Gewerbe- oder Industrieflächen.

Landwirtschaft

Landwirtschaft ist im Einzugsgebiet des Nauholzbaches nur untergeordnet in Form der Weidewirtschaft im weiteren Sinne vertreten. Weiden in direkter Nähe zum Forsthaus Hohenroth dürfen weiterhin bedingt genutzt werden [140]. Dies betrifft im Einzugsgebiet jedoch nur eine Fläche. Des Weiteren wurden kleinere zur jagdlichen Nutzung präparierte Waldweiden ausgemacht. Die Wiesen unterhalb des Pegels Nauholzbach dienen landschaftsgestalterischen Zwecken. Ackerflächen fehlen völlig. Der Grünlandanteil im Untersuchungsgebiet beträgt 0,8%.

Forstwirtschaft

98,9% der Fläche des Untersuchungsgebietes sind waldbedeckt (Laubwald 46,8%, Nadelwald 41,5%, Mischwald 10,6%).

Die Siegerland-typische genossenschaftlich organisierte Haubergswirtschaft in ihrer ursprünglichen Form, als Niederwaldbewirtschaftung mit Förderung von Eiche und Birke, erlosch spätestens in den 1950er Jahren, doch die Genossenschaften blieben erhalten [6]. Die historischen Nutzungsstrukturen prägen bis heute das Landschaftsbild.

Nach der Waldfunktionskarte hat die Wasserschutzfunktion höchste Priorität, daneben ist Erholungsfunktion ausgewiesen(s.u.). Des Weiteren unterliegen einige Waldgebiete besonderen Schutzbestimmungen, da sie als ökologisch wertvolle, schutzwürdige Biotope eingestuft wurden [77]. Hierzu zählen Eichen-Hochwälder und Eichen-Birken-Niederwälder auf der südlichen Talseite sowie eine kleine Waldfläche westlich des Forsthauses.

Demgegenüber steht die Nutzung des Waldes durch die Eigner, in der Hauptsache einer Haubergsgenossenschaft. Letztere pflanzt auf den ihr unterstehenden westlichen Talflanken heutzutage nach wie vor die Fichte in Monokultur. In Hangrichtung angelegte Rückeschneisen bieten ebenso wie zerfahrene Waldwege ideale Voraussetzungen zu verstärkter Erosion. Zudem verhindert die enge Pflanzweise in den ersten Jahrzehnten jegliches Aufkommen einer Kraut- und Strauchschicht, welche einer Erosion entgegenwirken könnte. Tiefe Furchen und Rillen, die sich bis in den Nauhholzbach verfolgen lassen, sind die Folge. Zur Minderung der Erosion auf Wegen wurden Querrinnen angelegt, die Wasser vom Weg ableiten sollen. Allerdings sorgt die große Schuttfracht für eine schnelle Verstopfung und Verschlämmung der Rinnen. Am oberen Nordhang unterhalb eines frischen Kahlschlags war neben dem Weg zum schnelleren Abtransport des Schutts ein Graben ausgehoben worden, wodurch das natürliche Bachbett zerstört wurde.

Kahlschläge sind im Einzugsgebiet (Wasserschutzzone I und II) zwar verboten, wurden aber dennoch beobachtet, vermutlich allerdings als Folge großflächigen Windwurfes. Diese waren durchweg bereits wieder mit jungen Fichten bestellt. Holzstöße in großer Anzahl dokumentieren die intensive Nutzung des Forstes.

Ein etwas anderes Bild bot sich im östlichen Bereich, dem Talansatz, der als Staatsforst dem Forstamt Hilchenbach untersteht. Mischwälder aus Buche, Fichte, Eiche, teils eingestreute Kiefern, das Fehlen von Kahlschlägen sowie der gute Zustand der Wege zeigen, daß eine extensive Forstwirtschaft betrieben wird, die sich stärker am Potential naturnaher Waldökosysteme orientiert und somit dem Prinzip der Nachhaltigkeit folgt.

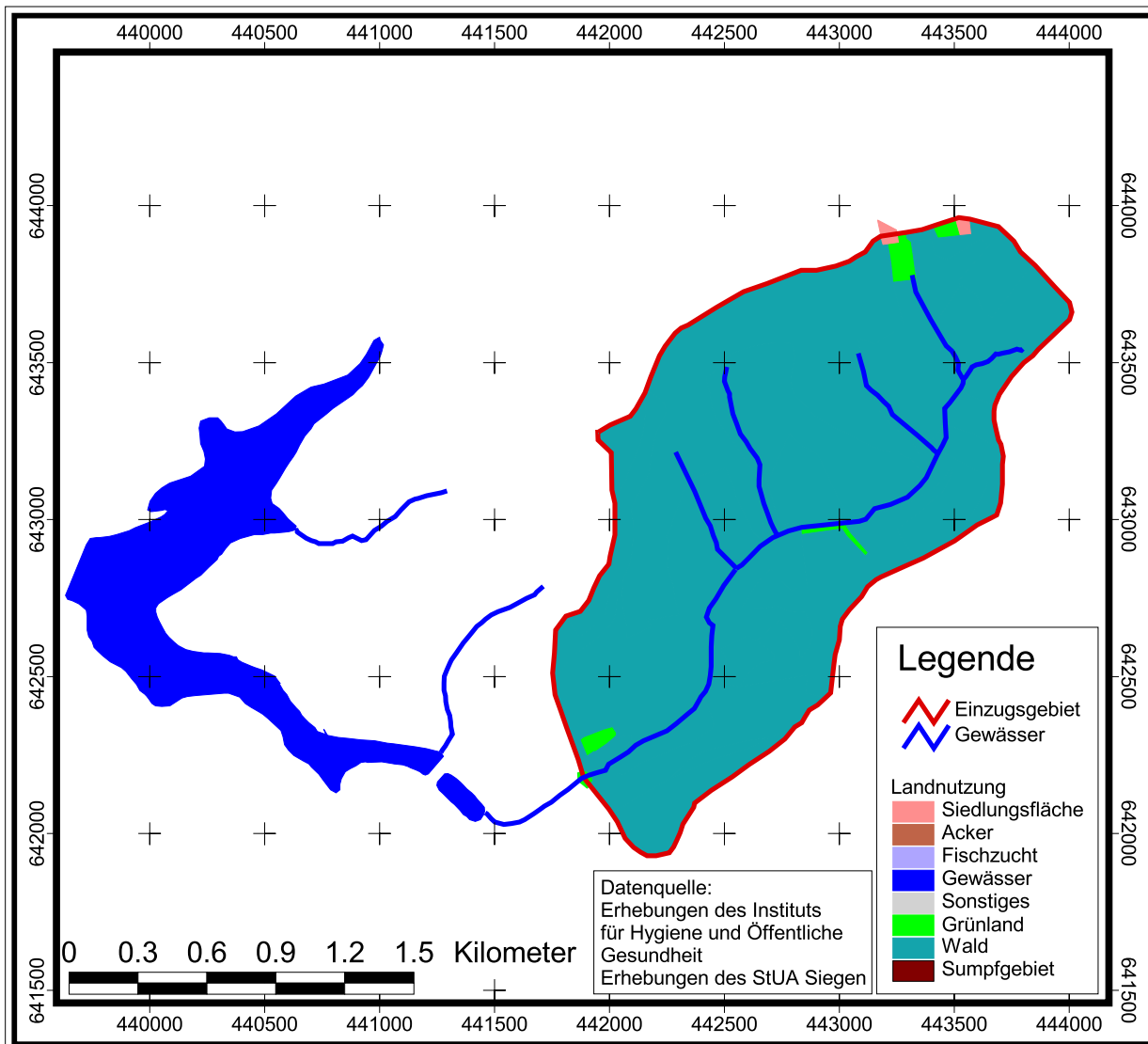
Der dritte Waldeigner, der Wasserverband Siegerland, bewirtschaftet die Talaue im Bereich der Wasserschutzzone I b wiederum nach einem anderen Prinzip. In diesem Falle wurden Baumarten der potentiell natürlichen Auen-Pflanzengemeinschaft angepflanzt, wie Mischbestände aus Schwarzerle, Kirsche, Bergahorn, Hölmler, Weiden und vereinzelt Eschen.

Problematisch für die Gewässer sind konzentrierte Nährstoffbelastungen wie sie z.B. im Bereich von Kompostierungen und Astholz-Lagerflächen entstehen. Es konnte mindestens ein Kompost- und Mahd-Sammelplatz beobachtet werden, der auf einem Wasser-Rinnsal errichtet worden war. Bei Starkniederschlägen können solche Lagerstätten neben hohem Nährstoffeintrag auch zu erheblichen mikrobiellen Belastungen führen. Nährstoffbelastungen durch mineralische Düngung und Belastungen durch die Ausbringung von Pestiziden hingegen sind durch die stark vertonten Böden nicht zu erwarten, auch wenn außerhalb der Talaue gelegentlich Brennesselstauden auf eine gute Nährstoffversorgung deuteten. Diese sind jedoch in erster Linie in Verbindung mit dem Wildbestand zu sehen.

Wildwirtschaft

Der Wildbestand hat im Einzugsgebiet des Nauhholzaches in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen und ist mittlerweile überhöht. Es gibt natürliche Vorkommen von Rothirsch und Reh, Muffelwild und Schwarzwild. Problematisch ist vor allem der Rehbestand von ca. 15 Tieren pro 100 ha, der bedeutend über dem verträglichen Wert von 5-10 Tieren liegt. Insbesondere in Laubbaum-Schonungen mit Eiche und Buche, aber auch beim Jungwuchs von Altbeständen, ist starker Verbiß festzustellen (mündl. Mittlg. Herr Hoffmann, Forstamt Hilchenbach).

Nach der Wasserschutzzonenverordnung ist die Jagd auch in der Wasserschutzzone I b erlaubt. Eine Verpachtung erfolgt durch den Wasserverband Siegerland sowie durch die Haubergsgenossenschaft. Mehrere Wildäsungsstellen mit Hochständen auf kleinen Wiesen lassen auf einen regen Jagdbetrieb schließen.



Karte A: Landnutzung im Einzugsgebiet des Nauholzbaeches

Die Trinkwassertalsperre

Nach dem extremen Trockenjahr 1959 wurde im Jahr 1960 der Ausführungsbeschluss zum Bau der Obernautalsperre gefasst. 1967 wurde mit dem Bau der Talsperre begonnen, 1972 konnte sie in Betrieb genommen werden. Gleichzeitig wurde 6 km unterhalb eine Trinkwasseraufbereitungsanlage errichtet. Aufgrund eines weiteren Anstiegs des Wasserbedarfs erwies sich der Zufluss durch die Bäche Obernau und Nauholzbach als zu gering. Als Aufstockungsmaßnahme ließ der Wasserverband Siegerland in den Jahren 1981-1985 einen Überleitungsstollen für die Beileitungstäler Sieg-, Sinderbach- und Michelbachtal bauen, der künstlich das Niederschlagseinzugsgebiet nahezu verdoppelte.

Mit einem Fassungsvermögen von 14,9 Mio. m³ stellt die Obernautalsperre die größte Talsperre des Siegerlandes dar. Sie ist durch folgende technische Daten charakterisiert [42, 55, 82]:

Stauziel	369,70 m ü NN
Speicheroberfläche (bei höchstem Stauziel)	0,86 km ²
Stauraum	14,9 Mio. m ³
Jahresabflußsumme	17,3 Mio. m ³
Ausbaugrad (Stauraum/Jahresabflußsumme)	0,80
Einzugsgebiet (mit Beileitungen)	11,3 km ² (21,52 km ²)
Vorstaubecken (2)	51.000 bzw. 28.500 m ³ Stauraum

Wegen ihrer Nutzung als Trinkwassertalsperre sind um die Oberrau-Talsperre Wasserschutzzonen beschlossen worden, die das gesamte Talsperreneinzugsgebiet einschließen. Die behördliche Verordnung trat mit Erscheinen des Amtsblatts für den Regierungsbezirk Arnberg am 07. Januar 1989 in Kraft.

Die Talaue des Nauholzbaches (Gewässerrandstreifen) gehört zur Wasserschutzzone Ib, der Rest des Untersuchungsgebietes zur Zone II (Einzugsgebiet).

Erholung

Die Oberrautalsperre soll laut Gebietsentwicklungsplanung in Verbindung mit dem Freizeitpark Netphen zum Erholungspark Oberrautal ausgebaut werden. Die Infrastruktur in Form eines großen Sport- und Freizeitzentrums sowie der Hotels, Gaststätten und Pensionen ist vorhanden, der Erholungsraum ist überregional bekannt. Unmittelbar an der Talsperre befindet sich ein großer Parkplatz, auf dem selbst an einem gewöhnlichen Wochentag im Sommer über 30 Fahrzeuge geparkt waren. Ein während des Baus der Talsperre angelegter Rundweg führt oberhalb des Sees entlang. Er ist geteert, breit ausgebaut und wird von Erholungssuchenden aller Altersklassen stark frequentiert. Der Ausflugstourismus bleibt allerdings größtenteils auf den Rundweg beschränkt. Beeinträchtigungen der Gewässerläufe konnten insbesondere im Untersuchungsgebiet nicht beobachtet werden.

3.2 Wahnbach

3.2.1 Naturräumliche Ausstattung

Geographische Lage

Das Einzugsgebiet des Wahnbaches liegt im Süden der Großlandschaft Süderbergland. Es bildet einen schmalen Streifen von teilweise weniger als 3 km Breite, der sich in einer Länge von 20 km in SW-NE-Richtung über die beiden natürlichen Landschaften Bergische Randplatten und Agger-Wiehl-Bergland hinzieht. Die Höhe liegt zwischen 130 m ü. NN am Pegel Wahnbach ("Neunkirchen 1") und 383 m ü. NN am Heckbergzug, welcher das Gebiet im Nordosten begrenzt.

Mit steigender Höhenlage von Westen nach Osten nehmen die Temperaturen ab und die Niederschläge zu. Mit abnehmender Lößdecke von Südwesten nach Nordosten nimmt auch die Bodengüte für ackerbauliche Nutzung ab.

Administrativ gehört das Untersuchungsgebiet zu etwa 70% zur Gemeinde Much, etwa 30% liegen in der Gemeinde Neunkirchen-Seelscheid und der äußerste Nordosten gehört zur Stadt Wiehl.

Geologie und Böden

Das Bergische Land ist Bestandteil des Rheinischen Schiefergebirges, welches von unter- und mitteldevonischen Sedimentgesteinen geprägt ist. Im Westen des Bergischen Landes herrschen marine und fluviatile Ablagerungen aus dem Tertiär und Quartär vor. Im Untersuchungsgebiet besteht der geologische Untergrund aus devonischen Grauwacken und Tonsteinen; vorherrschend sind die oberen Siegener Schichten (Wahnbach-Schichten), ferner ist die Emsstufe mit Bensberger Schichten vertreten.

Während der Eiszeiten wurde Löß abgelagert. Im Bereich der Talsperre liegen über den devonischen Gesteinen des Rheinischen Schiefergebirges Lößanwehungen mit bis zu 2 m Mächtigkeit. Nordöstlich der Talsperre im Einzugsbereich des Wahnbaches und seiner Nebengewässer nimmt die Lößmächtigkeit ab. Auf der Höhe von Scheid sind die Lößanwehungen nur noch 10 cm mächtig und liegen über Verwitterungsböden. Die devonischen Sedimentgesteine und Löß waren die dominierenden Ausgangsgesteine der Bodenbildung im südlichen Bergischen Land. Die vorherrschenden Böden sind Braunerden und Parabraunerden, die teilweise pseudovergleyt auftreten [126]. Hauptsächlich im Osten bildeten sich auf stark geneigten Hängen geringmächtige, schwach basenhaltige Braunerden und Ranker aus. Pseudovergleyte Braunerden und Pseudogleye kommen auf schwach geneigten Hängen im gesamten Untersuchungsgebiet vor [44].

Die Böden aus Löß und Lößlehm sind - vor allem bei Starkregen - sehr erosionsanfällig, da der feinkörnige und kalkarme Lößlehm nur eine mittlere bis geringe Infiltrations- und Wasserleitfähigkeit besitzt, die gefallenen Niederschläge nur in geringem Maße aufnimmt und es folglich zu einem erheblichen Oberflächenabfluß mit großen Erosionsschäden kommt [11].

Geomorphologie

Das Bergische Land gehört dem Teil des Rheinischen Schiefergebirges an, der nach Westen gegen die Kölner Bucht hin abfällt. Geomorphologisch handelt es sich um eine Rumpfflächenlandschaft, deren Formen im wesentlichen vier Reliefgenerationen zugeordnet werden können. Die Höhenlagen werden von alttertiären Verbnungsflächen gebildet. Die alten Talböden über den Hauptterrassen entstanden während des Jungtertiärs und sind in drei Stufen ausgebildet. Das pleistozäne Terrassenrelief umfaßt drei Hauptterrassen und drei Mittelterrassen sowie eine Niederterrasse. Junge Erosionsformen sind die für das Bergische Land typischen Siefen: tief eingeschnittene, kleine Kerbtäler mit steilen Hängen [103].

Klima und Wettergeschehen

Das Untersuchungsgebiet liegt im Übergangsbereich vom subozeanischen zum ozeanischen Klimabereich. Die von Westen heranziehenden atlantischen Luftmassen regnen im Luv des Rheinischen Schiefergebirges ab. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt 800 mm im Westen, sie steigt im Osten auf bis zu 1.200 mm an.

Der größte Teil des südlichen Bergischen Landes weist ein kühl-feuchtes ozeanisches Berglandklima auf. Die mittleren Januartemperaturen schwanken zwischen -3° und 0° C. Die Julimittel liegen zwischen 12° und 16° C [44].

Vegetation

Im Untersuchungsgebiet wären der Flattergras-Hainsimsen-Buchenwald und der Typische Hainsimsen-Buchenwald die potentiell natürlichen Pflanzengesellschaften. Die reale Waldfläche enthält neben Fichtenforsten und Niederwaldrelikten auch naturnahe Buchenwaldreste.

Das Vegetationsgebiet des Typischen Hainsimsen-Buchenwaldes liegt auf den basenärmsten Böden des Rheinischen Schiefergebirges. Durch die Zunahme der Grünlandwirtschaft in diesem Bereich sind Grünlandgesellschaften prägend [44].

Hydrologie

Der Wahnbach entwässert Teile des Rheinischen Schiefergebirges. Sein gesamtes Einzugsgebiet hat eine Größe von 69 km², das Untersuchungsgebiet bis zum Pegel eine Fläche von 45 km². Das Gewässer entspringt in einer Höhenlage von 340 m ü. NN und mündet bei 65 m ü. NN in die Sieg. Der gesamte Wahnbach ist 20,3 km lang und bis zu fünf Metern breit.

In seinem Oberlauf ist er in einigen ortsfernen Abschnitten weitgehend unverändert, im Mittel- und Unterlauf ist er jedoch deutlich anthropogen überprägt. Entlang der L 189 zwischen Steinermühle und Gutmühle sowie unterhalb der Wahnbachtalsperre wurden zahlreiche Begradigungen durchgeführt. An anderen Stellen wurde der Wahnbach verlegt oder technisch befestigt. Durch diese Maßnahmen haben sich das Fließverhalten und die Fließgeschwindigkeit verändert. Die auf das Bachbett wirkenden erosiven Kräfte wurden verstärkt. Die Sediment- und Geschiebefracht des Wahnbaches wird im Herrenteich und in der Vorsperre abgelagert und führt dort zu Verlandungen.

Die beiden Stauseen Wahnbachtalsperre und Herrenteich sind gewässerökologische Barrieren, die den Wahnbach in drei voneinander isolierte Bereiche teilen. Das Wahnbachtal wird überwiegend als Weideland genutzt [141].

3.2.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen

Verkehrswege

Das Einzugsgebiet ist von einem dichten Straßennetz durchzogen. L 189 und B 56 führen als vielbefahrene Straßen stellenweise unmittelbar an den Wahnbach heran.

Nach Angaben Ortskundiger ist nahe bei Much an einer Stelle die Durchfahrt durch den Wahnbach ungehindert möglich und wird auch zum Autowaschen genutzt.

Die Reinigung von Maschinen des Straßenbaus mit Wahnbachwasser mittels eines Druckschlauches und Rückleitung des Abwassers in das Gewässer wurde beobachtet.

Bahnstrecken oder Flugplätze existieren im Einzugsgebiet des Wahnbaches nicht.

Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Im Einzugsgebiet liegen sechs größere geschlossene Ortslagen. Die übrige Besiedlung ist von etwa 90 Weilern und Einzelhöfen mit geringer Einwohnerzahl in Streusiedlung geprägt. Insgesamt leben etwa 16.000 Menschen im Untersuchungsgebiet. Bei der Beurteilung der Situation ist zu berücksichtigen, daß die Besiedlungsdichte des Einzugsgebietes mit 229 Einwohnern/km² relativ hoch ist und weiter zunimmt.

Die Gemeinde Much verfügt über zahlreiche Sport- und Freizeiteinrichtungen (u.a. Golfanlage, Hallen- und Freibad, Sport- und Tennisplätze, Reitplätze, Sportangelteiche). Much hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einer attraktiven Wohn- und Erholungsgemeinde mit starkem Bevölkerungszuwachs entwickelt. Neben dem Freizeitangebot wirbt die Gemeinde mit Naturerlebnissen, um Tagesgäste oder Urlauber anzuziehen.

Anfang der 50er Jahre begann in der Gemeinde Much der Aufbau einer zentralen Abwasserentsorgung. Bis heute sind allerdings noch nicht alle Ortslagen an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Die Ortschaften Wiese, Amtsknechtswahn, Todtenmann, Roßbruch, Löbkittel, und Obermiebach im Einzugsgebiet des Wahnaches verfügen noch über Kleinkläranlagen. Der Anschluß an die Kanalisation für Henningen, Esinghausen und Heckhaus erfolgte erst nach Abschluß der vorliegenden Arbeiten.

In der Ortschaft Much selbst befinden sich drei Regenüberlaufbecken (RÜB). Im Gewerbegebiet Much-Bövingen war zum Zeitpunkt der Untersuchungen der Auftrag für ein RÜB ausgeschrieben, für die Erweiterung des bestehenden Gewerbegebietes befand sich bereits ein RÜB im Bau.

In der Gemeinde Neunkirchen-Seelscheid zeigt sich deutlich eine Zunahme der Wohnfläche in den letzten Jahrzehnten. Insgesamt hat die Wohnfläche in der Gemeinde Neunkirchen-Seelscheid zwischen 1987 und 1994 um 300 % zugenommen.

1996 waren 79 % der Einwohner der Gemeinde Neunkirchen-Seelscheid an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Im Einzugsgebiet des Wahnaches war die Ortschaft Hausermühle die letzte, die angeschlossen wurde, der Abschluß der Arbeiten wurde zum Jahresende 1997 erwartet. Im Gemeindegebiet befinden sich 2 Regenüberlaufbecken, 3 Regenrückhaltebecken und 3 Kleinkläranlagen. Im Einzugsgebiet des Wahnaches wird Niederschlagswasser direkt in die Vorfluter eingeleitet, ebenso Überläufe von Mischwasserpumpwerken und Abläufe von befestigten Straßenflächen.

Der Nordosten des Einzugsgebietes gehört zur Stadt Wiehl (Oberbergischer Kreis). Ein kleiner Teil der Ortslage Drabenderhöhe liegt im Einzugsgebiet des Wahnaches. Bis auf einen Einzelhof (Pfaffenscheid), welcher über eine Kleinkläranlage entwässert, ist die gesamte Siedlungsfläche an die zentrale Kanalisation angeschlossen und entwässert über eine Pumpstation aus dem Einzugsgebiet des Wahnaches heraus (Tiefbauamt der Stadt Wiehl, tel. Auskunft).

Die im Untersuchungsgebiet liegenden Kläranlagen Much und Hillesheim werden vom Aggerverband betrieben. Sie liegen in der Schutzzone II B (äußerer Bereich) der Wahnachtalsperre und leiten das geklärte Wasser in den Wahnbach bzw. den Markelsbach ein.

Die Kläranlage in Much besteht seit etwa 35 Jahren. Zu Reinigung des Abwassers aus den unterhalb der Kernortslage Much gelegenen Siedlungen wurde eine weitere Kläranlage in Hillesheim 1982 errichtet.

Da im Untersuchungsgebiet in der Gemeinde Much noch nicht alle Orte an die öffentliche Kanalisation angeschlossen sind, ist eine Belastung der Oberflächengewässer durch ungeklärte Siedlungsabwässer nicht sicher auszuschließen.

Bergbau

Im Bergischen Blei - Zink- Erzbezirk sind über 100 Gangerzvorkommen untersucht und abgebaut worden.

Westlich von Much bei Fischermühle liegen im Untersuchungsgebiet die stillgelegten Gruben Nicolaus und

Phönix. Insgesamt wurden in diesen beiden Bergwerken 7.000 t Zink und 20.000 t Blei abgebaut. 1978 endete die bergbauliche Tätigkeit.

Oberhalb der Kläranlage in Hillesheim, an der Verbindungsstraße von L 189 und B 56, wird Tonstein abgebaut.

Industrie und Gewerbe

Die gewerbliche Struktur der Gemeinde Much ist durch Handwerksbetriebe und zahlreiche mittelständische Unternehmen aus den Bereichen Stahl- und Maschinenbau, Holz- und Kunststoffverarbeitung sowie der Bauwirtschaft gekennzeichnet. Viele dieser Betriebe haben ihren Standort im Gewerbegebiet Much-Bövingen an der L 312 am westlichen Rand des Wahnbach-Einzugsgebietes. Das Gewerbegebiet verfügt über 23,05 ha Gewerbefläche, davon wurden bis Ende 1996 etwa 15 ha genutzt.

Neunkirchen-Seelscheid zeichnet sich durch eine vielfältige handwerkliche Struktur aus. Kennzeichnend sind Betriebe des Maschinenbaues, der elektrotechnischen Industrie und des Baugewerbes. Es gibt in der Gemeinde keine ausgedehnten Gewerbeflächen, einzelne größere Betriebe sind in der Ortschaft Oberheister im Einzugsgebiet ansässig.

Beispielhaft sei hier als Problemstandort das Gewerbegebiet Much-Bövingen kurz dargestellt: Planierte Flächen zeigen den weiteren Ausbau des Gewerbegebietes an. Der Siefen von Oberheiden nach Tillinghausen, unterhalb des Gewerbegebietes wurde mit Straßenschutt aufgefüllt und mit Schlamm ungeklärter Herkunft abgedeckt. Diese Auffüllung befindet sich oberhalb des Regenrückhaltebeckens in Tillinghausen. Bei starken Niederschlägen ist eine Belastung des gespeicherten Regenwassers denkbar.

Landwirtschaft

47 % der Flächen im gesamten Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre werden landwirtschaftlich genutzt, davon entfallen etwa 41 % auf Grünlandwirtschaft und 6 % auf Ackerfläche. Die Bewirtschaftung dieser Flächen wird von etwa 150 landwirtschaftlichen Betrieben geleistet (pers. Mittlg. Herr Schmidt, Landwirtschaftskammer Rheinland, Kreisstelle), von denen ungefähr 50 % Vollerwerbsbetriebe sind. Bei den Vollerwerbsbetrieben ist in den letzten Jahren eine Zunahme der Betriebsfläche zu verzeichnen.

Bis auf wenige Ausnahmen liegen die landwirtschaftlichen Betriebe in Ortsrandlage. Die durchschnittliche Größe der landwirtschaftlichen Betriebe liegt 1997 in der Betriebsgrößenklasse 35 - 45 ha; die meisten Vollerwerbsbetriebe haben eine Größe von mindestens 50 ha. Es handelt sich dabei i.d.R. um milcherzeugende Betriebe, die zum Ausgleich in der Fütterung Mais anbauen. Allgemein ist die Tendenz beim Maisanbau abnehmend. In manchen Höfen mit Milchviehhaltung wird auch Bullenmast betrieben. Die maximale Zahl der Masttiere beträgt etwa 20 - 30 Bullen/Betrieb, von Mastviehhaltung im eigentlichen Sinne kann hier nicht gesprochen werden. Kälbermast kommt überhaupt nicht vor (pers. Mittlg. Herr Schmidt, Landwirtschaftskammer Rheinland, Kreisstelle Rhein-Sieg).

Seit Anfang der 60er Jahre wurden in der Gemeinde fünf Bodenordnungsverfahren nach dem Flurbereinigungsgesetz durchgeführt. Ziel dieser Verfahren war die Erhaltung und Umgestaltung der ökologisch wertvollen Flächen und der kulturgeschichtlichen Zeugnisse. Einige in diesem Zusammenhang geschaffene Biotope sind die Biotope im Wenigerbachtal, der alte Feuerlöschteich "An der Engbrück" und der Mertesweiher.

Nutzungskonflikte mit der Wasserwirtschaft beziehen sich im Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre bisher hauptsächlich auf den Eintrag von Nährstoffen. Es bestehen hier Kooperationen zwischen dem WTV und den Landwirten mit dem Ziel der Verringerung der Nährstoffeinträge. Auf Grundlage der Wasserschutzgebietsverordnung bestehen insbesondere folgende Auflagen für die Landwirtschaft:

1. Zum Umbruch von Dauergrünland

Grünland, das länger als 5 Jahre bestand, darf nur nach Genehmigung durch die Landwirtschaftskammer (LWK) umgebrochen werden. Gleichzeitig spricht die LWK eine Empfehlung bezüglich der Anbaufrüchte aus.

2. Düngung

Die Aufbringung von Stickstoff-Düngern muß sich nach den Bedarfszahlen der LWK richten. Jeder Landwirt muß zum Jahresende einen Düngeplan aufstellen, in dem die Anzahl des Viehs und das Aufbringen der Düngemengen festgehalten wird. Düngepläne enthalten weiterhin Angaben über Anwendungstag, -menge und -ort der verwendeten Produkte. Der Nährstoffgehalt der Böden muß alle 6 Jahre überprüft werden, die zu bestimmenden Parameter sind: Magnesium, Phosphor, Kalium und pH-Wert.

3. Abstand bewirtschafteter Flächen zu Gewässern

Der Abstand zwischen Ackerbaufläche und Gewässern sollte 5 m betragen. Laut Wasserschutzgebietsverordnung müssen alle Bäche aus Weideflächen ausgezäunt werden. In den letzten Jahren wurden im Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre ca. 265 km Zaun errichtet, so daß die Wasserläufe mittlerweile aus 75 % der beweideten Flächen ausgezäunt sind. Eine Kontrolle ist wegen der Größe des Einzugsgebietes und aus personellen Gründen allerdings nicht durchführbar. Ferner ist es nicht mehr erlaubt, Vieh durch Gewässer zu treiben. Andere Übergänge wurden wegen der hohen Kosten und mangels Alternativen bisher aber kaum realisiert.

4. Aufbewahrung von Gülle und Silage

Der Aufbau von Lagerkapazitäten zur Gülle- und Mistaufbewahrung (Sammelbehälter, Überdachungen) wird vom WTV unterstützt. Die Lagerung von Silage auf einer Feldmiete pro Betrieb wird angestrebt, der Standort sollte jährlich gewechselt werden. Wenn Sickersaftplatten aus Beton vorhanden sind, darf die Silage immer am gleichen Ort gelagert werden. Der Bau von Sickersaftplatten und die Lagerung von Silagegras und Heu in Ballen werden vom WTV gefördert.

Forstwirtschaft

Im 19. Jahrhundert waren die Lößgebiete des südlichen Bergischen Landes kaum bewaldet. Ausnahmen bildeten Flächen mit hoher Reliefenergie. Die einzigen größeren, zusammenhängenden Waldgebiete lagen auf den schlechten Böden des Heckbergzuges und des Nutscheid. Die dominierende Betriebsform des bäuerlichen Waldes war die Niederwaldwirtschaft, stellenweise wurden Aufforstungen mit Fichten durchgeführt. Bei den Staatswäldern überwogen Hochwälder mit hohem Fichtenanteil [129].

Der aktuelle Waldanteil beträgt in der Gemeinde Much ca. 20,8 % und in Neunkirchen-Seelscheid ca. 25,4 %. Im gesamten Wahnbach-Einzugsgebiet stehen ca. 24 % der Flächen unter Wald. Es handelt sich dabei vorwie-

gend um Mischwald, reine Nadelwälder kommen nur vereinzelt vor. Entlang der Siefen stehen i.d.R. Laubwälder mit hohem Buchenanteil. In der Wahnbachaue gibt es vereinzelt typische Erlenwälder.

Als überwiegende Waldfunktion im Untersuchungsgebiet ist die Wasserschutzfunktion (Stufe 2) zu nennen. Davon abweichend ist der Wald im Eschbachsiefen als ökologisch wertvoller Wald eingestuft, der Wald nördlich des Herrenteichs erfüllt Biotopschutzfunktionen für Tiere und Pflanzen (Waldfunktionskarte L 5110). Oberhalb des steilen und steinigen Ufers der Wahnbachtalsperre reicht der Wasserschutzforst bis an das höchste Betriebsstauziel.

Aufgrund der festgeschriebenen Wasser- bzw. Biotopschutzfunktion großer Teile der Waldflächen sind starke Beeinträchtigungen durch Fortswirtschaft nicht zu erwarten. Genauere Daten über Nutzungsintensitäten waren von der zuständigen Forstverwaltung Eitorf aber leider nicht zu erhalten.

Ebenso waren keine Daten zur Wildwirtschaft und zur jagdlichen Nutzung zu erhalten, außer den Damwildgehegen, die von Betreibern von Fischwirtschaftsbetrieben angelegt sind (s.u.).

Fischwirtschaft

Im Bergischen Land wird traditionell Fischwirtschaft betrieben. Seit jeher wurden Teiche in den Siefen aufgestaut und dabei sehr tief angelegt, um Zeiten mit Wassermangel auszugleichen. Auch heute existiert im Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre noch eine Vielzahl von Teichen dieser Bauart, die bis auf größtenteils zum Angelsport genutzt werden. Neben Forellen werden in geringer Anzahl Karpfen gezüchtet.

Die Intensität der Nutzung ist unterschiedlich. Am intensivsten werden laut Angabe von Anwohnern die vier Teiche bei Scheid genutzt. Oberhalb der Sportangelteiche in Scheid befinden sich Fischaufzuchtbecken.

Der Angelpark in Gibbinghausen ist zwar wesentlich größer als die Anlage in Scheid (hier wurden zwölf Teiche gezählt), wird aber nicht so intensiv genutzt. Neben einem der oberen Teiche liegt zusätzlich ein kleines Damwildgehege.

Die Nutzung von Teichen zur Aufzucht wie durch Sportfischerei kann auf verschiedene Weise zur Gewässerbelastung führen. Hier sind vor allem die Verwendung chemischer Substanzen als Fischtherapeutika (z.B. gegen Parasiten, Pilze oder Bakterien) oder zur Verminderung der Eutrophierung, die Belastung durch Ausscheidungen der Fische sowie mangelnde sanitäre Anlagen bei hohem Personenaufkommen zu nennen, die zu Belastungen der Gewässer mit menschlichen Fäkalien führen können. Ebenso kann die Zusammensetzung des Fischfutters unterschiedlich belastend für die Gewässer sein. Um die Gewässerbelastung so gering wie möglich zu halten, sollte der Mineral- und Nährstoffgehalt des Futters an die entsprechende Fischart angepasst werden. Die Verwendung schlecht verdaulicher oder unverdaulicher Futterbestandteile sollte vermieden werden [57]. Die Teichwirtschaft fordert außerdem die Zulassung anderer Chemikalien z.B. Malachitgrün. Im Bereich der Wahnbachtalsperre ist darüber hinaus ein Fall bekannt geworden, in dem Diuron zur Verminderung des Algenwachstums eingesetzt wurde.

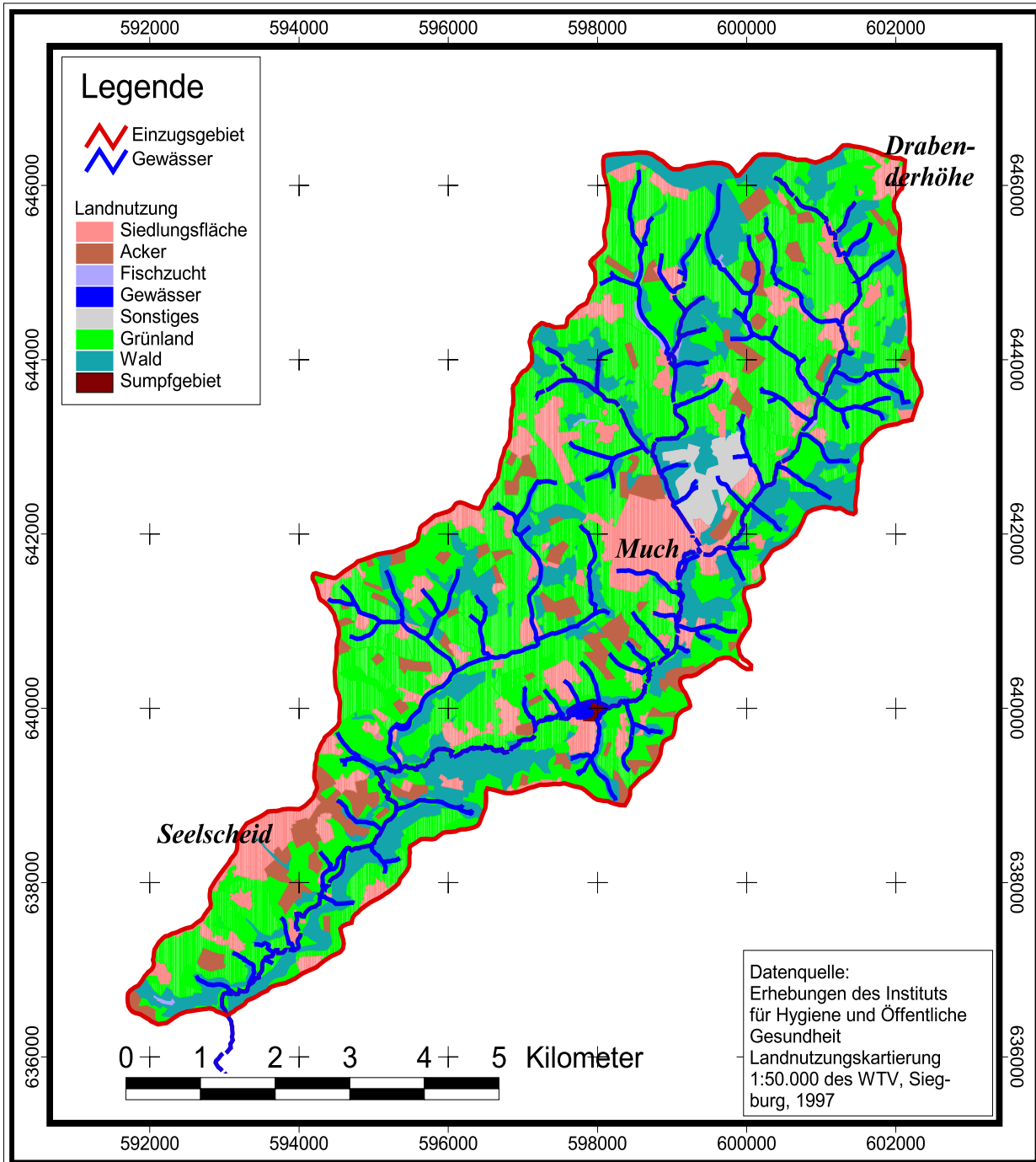
Das Anlegen oder Erweitern von Fischteichen ohne Zufütterung ist nach der Wasserschutzgebietsverordnung § 5 in der Zone II B (äußerer Bereich) genehmigungspflichtig.

Das Einleiten von Abwässern aus der Fischintensivzucht in Gewässer wird durch § 7a WHG bzw. die 29.

VwV geregelt. Für die Fortschreibung der VwV schlug der Bund/Länder Gesprächskreis folgende Grenzwerte

für Abwasser aus Fischintensivhaltungen vor: Stickstoff ges. 10 mg/l, Phosphor ges. 2 mg/l [60]. Zumindest in Gibbinghausen konnten Einleitungen aus Fischteichen direkt in den Esinghauser Bach, einen Nebenbach des Wahnbaches, bestätigt werden.

Der Ort Huppenhardt ist Standort für einen Betrieb, der im Nebenerwerb Damwild züchtet, der Bestand zählt ca. 200 Tiere. Die Anlage verfügt über große Gehege, aus denen die Gewässer ausgezäunt sind.



Karte B: Landnutzung im Einzugsgebiet des Wahnbaches

Die Trinkwassertalsperre

Der Bau der Wahnbachtalsperre begann 1954. Ende 1956 begann der Probestau, der unmittelbar in den Dauerstau überging. 1958 wurde die Wasserversorgung durch den WTV aufgenommen.

Die Wahnbachtalsperre ist ein 7,5 km langer Rinnensee in U-Form. Am Einlauf des Wahnbaches in die Talsperre wurde ein Vorbecken mit 0,45 Mio. m³ errichtet. Durch den Bau der Phosphor-Eliminierungsanlage 1975/76 wurde dieser Stauraum auf 0,70 Mio. m³ vergrößert.

Die Wahnbachtalsperre ist durch folgende technische Daten charakterisiert:

Stauziel	124 m ü. NN
Speicheroberfläche	1,99 km ²
Gesamtstauraum	41,3 Mio. m ³
Jahresabflußsumme	38,7 Mio. m ³
Ausbaugrad (Stauraum/Jahresabflußsumme)	1,05
Einzugsgebiet	69,3 km ²
Vorbecken	0,7 Mio m ³

Die Talsperre wurde ursprünglich zur Deckung des Betriebswasserbedarfs der Chemie-Faser AG (später Phrix-Werke AG) in Siegburg und zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung des Bonn-Siegburger Raumes gebaut. Seit 1972 der industrielle Bedarf entfiel, wird die Talsperre ausschließlich zur Trinkwassergewinnung genutzt. Weitere Nutzungen sind Hochwasserschutz und Niedrigwasseraufhöhung der Sieg. Bei überschüssigem Wasserdargebot kann zur Energieerzeugung eine Turbinenpumpe zugeschaltet werden; die gewonnene Energie wird zum Transport des Wassers in die Trinkwasseraufbereitungsanlage Siegelsknippen genutzt.

Wegen der Belastung der Talsperre mit Nährstoffen aus dem Einzugsgebiet und aufgrund einer mangelnden Belüftung des Sees wurden schon früh aufwendige Restaurierungs- und Sanierungsmaßnahmen notwendig. Um der Qualitätsminderung durch Manganfreisetzung aus dem Sediment bei Sauerstoffmangel im Hypolimnion entgegenzuwirken, wurde im Jahre 1966 erstmals eine hypolimnische Belüftung eingesetzt. Diese vermindert seitdem erfolgreich die Freisetzung von Mangan aus dem Sediment, kann sie aber nicht völlig verhindern. Regelmäßig während der sommerlichen Schichtungsperiode betrieben, gewährleistet die hypolimnische Belüftung günstige Sauerstoffverhältnisse in der Talsperre und löst die winterliche Vollzirkulation vorzeitig aus.

In Folge der Eutrophierung durch erhöhtes Nährstoffangebot (v.a. Phosphoreinträge) aus landwirtschaftlichen Quellen und häuslichen Abwässern kam es mehrfach zu Algenmassenentwicklungen, die erhebliche Schwierigkeiten bei der Aufbereitung des Trinkwassers bereiteten. Nach 15jähriger Entwicklungsarbeit konnte 1977 eine Phosphor-Eliminierungsanlage in Betrieb genommen werden. Langzeituntersuchungen ergaben, daß das Ziel, die Gesamtposphorkonzentration auf 10 µg/l zu senken, sogar wesentlich unterschritten werden konnte. Zeitgleich zum wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren der Wahnbachtalsperre lief auch das Verfahren zur Ausweisung eines Wasserschutzgebietes. Am 1. April 1965 wurde vom Regierungspräsidenten in die behördliche Verordnung zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes erlassen. Sie erstreckte sich auf die Schutzzonen: I, II, III A und III B mit einer Gesamtfläche von 30 km². Am 14. Mai 1993 trat die überarbeitete Fassung dieser Verordnung in Kraft. Diese unterscheidet die Schutzzonen: I, II A, II B (innerer Bereich), II B (äußerer Bereich) und III. Das Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre hat nun eine Größe von rund 70 km².

Das Untersuchungsgebiet liegt im Einzugsgebiet des Wahnbaches oberhalb der Talsperre, damit befindet es sich ausschließlich in Bereichen der Wasserschutzzonen II B (äußerer Bereich) und III.

Erholung

Vor allem von der Sportfischerei können Gefährdungen für die Oberflächengewässer ausgehen, wie oben bereits dargestellt. Aber auch der Austrag von Herbiziden und Pestiziden aus der Golfanlage bei Much sollte nicht unterschätzt werden. Das Gelände des Golfplatzes befindet sich im äußeren Bereich der Wasserschutzzone II B. Die Flächen sind teilweise stark geneigt und von mehreren Siefen tief durchschnitten. Die Verwendung von Stickstoff-Düngern auf den Grünflächen und der Einsatz von Pestiziden würden hier zu einer Belastung der Gewässer führen.

Sonstiges

In Gewässerabschnitten ohne Vegetation im Uferbereich und besonders im Bereich von Lehm- und Lößböden wurden Erosion und Uferabbrüche beobachtet. An diesen Stellen kann die Erosion bei Hochwasserereignissen fortschreiten und u.a. zu erhöhten Trübungswerten und zu einem vermehrten Nährstoffeintrag führen.

Eine Untersuchung zum Einfluß landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die Stofffrachten kleiner Wasserläufe in der Wahnbachtalsperrenregion führte 1985 die starke Trübung des Eschbachsiefens im Sommer u.a. auf Viehtränken im Bachbett zurück [126]. Im Winter lag die Trübung im Eschbachsiefen aber ebenfalls höher als in den Vergleichsgebieten. Dies kann auf die erhöhte Erosionsanfälligkeit der aus Löß und Lößlehm entstandenen Parabraunerden zurückgeführt werden.

Da im Untersuchungszeitraum kein Viehtrieb auf den Flächen entlang dem Wahnbach und seinen Zuläufen stattfand, gehen erhöhte Trübungswerte auf Erosionsvorgänge an den Ufern zurück.

3.3 Kall

3.3.1 Naturräumliche Ausstattung

Geographische Lage

Das Einzugsgebiet der Kalltalsperre befindet sich am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges im Nordwesten der Eifel. Das Gebiet mit einer Größe von 29,6 km² erstreckt sich in südwestlich-nordöstlicher Richtung. Die Region wird an ihrer Nordseite vom Rücken des Hohen Venn und der Vennfußfläche begrenzt, die den Übergang zur Niederrheinischen Bucht bildet. Im Osten und Süden schließt sich die Rureifel an.

Das Einzugsgebiet liegt administrativ im wesentlichen in der Gemeinde Simmerath. Ein kleiner Teil im Südwesten gehört zur Stadt Monschau, der westliche Teil liegt auf belgischem Staatsgebiet.

Die Hauptzuflüsse der Talsperre sind die Kall, der Keltzerbach und der Saarscher Bach. Die Kall gehört über die Rur zum Flußsystem der Maas.

Geologie und Böden

Die Schichten des Hohen Venns stammen aus dem Kambrium und Ordovizium. Sie wurden während der kaledonischen Gebirgsbildung gefaltet und dabei metamorph überformt. Das Einzugsgebiet erstreckt sich mit seiner Längsachse beinahe senkrecht zum Streichen der nach WSW anschließenden ordovizischen und devonischen Sedimente [128].

Bei den Schichten des Kambriums treten vor allem Quarzite und Tonschiefer auf. In den ordovizischen Sedimenten herrschen Tonstein, Ton- und Dachschiefer vor, wobei in den jüngeren Schichten der Sandgehalt zunimmt.

Den größten Teil des Einzugsgebietes nehmen die Sedimente des Unterdevons ein. Die stratigraphische Gliederung erfolgt in Gedinne, Siegen und Ems, wobei im Einzugsgebiet der Kalltalsperre die Schichten des Ems fehlen. Die Schichtenfolge des Gedinne beginnt mit einem Basiskonglomerat, das durch kieselig-quarzitische Bindemittel eine hohe Widerstandsfähigkeit besitzt. Darüber befinden sich helle, weiße Sandsteine, grobkörnige Arkosen und feinstückige Konglomerate.

Die Siegener Schichten zeichnen sich durch quarzitische oder arkoseartige Sandsteine und geschieferte Tonsteine aus. [112, 128].

Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind insbesondere die pleistozänen Hangschuttdecken. Im Bereich des Vennsattels führten die wasserstauenden Verwitterungslehme zur Ausbildung von Braunerden und Gleyen, die in Moore übergehen können. Auf devonischem Untergrund bildeten sich ebenfalls Braunerden sowie Pseudogleye [128].

Geomorphologie

Das Einzugsgebiet bildet eine breite, flachreliefierte Hochebene mit relativ schmalen, tief eingeschnittenen Tälern. Die Reliefenergie nimmt im Untersuchungsgebiet generell talwärts zu [78].

Ein Härtlingshügel aus kambrischem Quarzit bei Hoscheit ist mit knapp 600 m ü.NN der höchste Punkt des Einzugsgebietes. Die niedrigste Stelle ist das Stauniveau der Kalltalsperre mit 421 m ü.NN.

Die Oberläufe der Kall und ihrer Zuflüsse besitzen muldenförmige Querprofile, die mit konvex geformten Hängen in die Flächen übergehen. Diese sogenannten Spülmuldentäler wurden während des Miozäns bei feuchtem, subtropischem Klima angelegt.

Nachdem die Bäche den Vennsattel verlassen haben, herrschen als Talform Kerbtäler vor. Die Herausbildung dieser Kerbtäler ist auf tektonische Impulse, welche die Hebung des Rheinischen Schiefergebirges verursachten, und eine Klimaänderung im ausgehenden Tertiär zurückzuführen. Die Hebung dauert immer noch an. Im Kallmittellauf beträgt die Hebungsrate 1,6 bis 1,8 mm im Jahr [128].

Durch denudative Prozesse während der Kaltzeiten wurden die Flächen tiefergelegt. Relikte aus dem Periglazial sind vor allem Hangschuttdecken, selten findet man Löß auf der Hochfläche [128].

Klima und Wettergeschehen

Das Einzugsgebiet der Kall liegt im humiden Klimabereich Mitteleuropas. Die wasserdampfreichen, ozeanischen Luftströmungen werden am Vennmassiv gestaut und regnen an der Luvseite ab. Mit zunehmender Lee-lage des Einzugsgebiets nimmt von SW nach NE der Niederschlag ab [23]. Im äußersten SW, dem Quellgebiet der Kall, liegt die mittlere Jahressumme des Niederschlages bei 1150 mm, an der Talsperre, im NE des Einzugsgebietes, bei etwa 1.000 mm. Die Niederschlagsmaxima fallen in die Monate Juni/Juli sowie Dezember, wenn auch die Verteilung der Niederschläge relativ ausgeglichen ist [128]. Im Hohen Venn werden etwa 60 Schneetage im Jahr gezählt.

Die Jahresmitteltemperatur des Hohen Venn liegt bei 6°C, die etwas geschützter gelegene Rureifel weist eine mittlere Jahrestemperatur zwischen 6 und 7°C auf [23]. Extrem niedrige Wintertemperaturen und extrem hohe Sommertemperaturen fehlen aufgrund des ozeanischen Einflusses. Trotzdem können unter dem Einfluß kontinentaler Hochlagen im Frühjahr und bis in den Juni hinein Spätfröste und schon im August Frühfröste auftreten, die vor allem in den Tälern die Land- und Forstwirtschaft beeinträchtigen können [63].

Vegetation

Die potentiell natürliche Vegetation des Vennsattels zeichnet sich vor allem durch nährstoff- und artenarmes - Hochmoor mit Wollgras , Glocken- und Besenheide , Gagelstrauch , Sonnentau u.a. aus.

Das Anlegen von Drainagen veränderte die Artenzusammensetzung. Die drainierten Flächen konnten forstwirtschaftlich genutzt werden, wobei hauptsächlich Fichtenmonokulturen angepflanzt wurden. Die Fichte wurde nach 1880 eingeführt. Sie fand vor allem in feucht-kühlem Klima oberhalb 500 m mit Niederschlag über 800 mm bei gleichzeitiger Entwässerung günstige Lebensbedingungen.

In den drainierten Gebieten des Vennsattels, in denen keine Fichten angebaut wurden oder nicht mehr angebaut werden, haben sich die Hochmoore zu Feuchtwiesen entwickelt. Man findet dort Hochgrasfluren mit Besenheide , Heidelbeere , Moorbirken , kleineren Kiefern und gelegentlich Fichten.

Die potentiell natürlichen Waldleitgesellschaften des Einzugsgebietes waren die auf milden Schieferböden wachsenden Hainsimsen-Buchenwälder bzw. die Buchen-Traubeneichenwälder [72], die jedoch weitgehend von Grünland und Nadelwaldkulturen verdrängt wurden [23]. Waldfeindliche Nutzungsformen beeinträchtigten darüber hinaus die wenig widerstandsfähigen Buchenwälder.

Auf nährstoffarmen, zu Staunässe neigenden Böden wachsen Eichen und Birken .

Im Einzugsbereich von Keltzerbach und Saarscher Bach findet man das größte zusammenhängende Waldgebiet des gesamten Einzugsgebietes. Dort gibt es neben Fichtenschonungen, Brombeerbereiche , Birken , verschiedene Farnarten , Hainsimse u.m.

Die Feuchtwiesen in Bachnähe, die teilweise auch in Niedermoor übergehen, sind mit Schwarzerlen , Weiden , Weißdorn u.a. besetzt.

Der belgische Teil des Einzugsgebietes ist hauptsächlich mit Fichtenforsten bedeckt, in deren Unterwuchs Heidelbeere und Besenheide vorkommen.

Es gibt im Einzugsgebiet fünf Naturschutzgebiete (Kämpchen, Bendchen, Lenzbach, Kallbenden, Kalltal), die alle in Gewässernähe ausgewiesen sind.

Hydrologie

Kall und Keltzerbach entspringen auf dem Hohen Venn.

Im Untersuchungsgebiet findet man lokale Grundwasservorkommen an Zerrüttungs- und Verwitterungszonen. Die kambrischen Quarzite führen nur wenig Kluftwasser, da sie sehr verwitterungsresistent sind. In den kambrischen, ordovizischen und devonischen Tonschiefergebieten kann sich Wasser in Spalten und Verwerfungen sammeln. Die Tonschiefer sind im Untergrund wasserarm und besitzen eine wasserstauende Wirkung [23].

Geringe Wasserdurchlässigkeit des tonhaltigen Schiefers und relativ hohe Niederschläge schaffen auf dem Hohen Venn die Voraussetzung für das Entspringen zahlreicher Gewässer. Bei Hochwasser, insbesondere im Herbst und während der Schneeschmelze, steigt das Wasser rasch an und fließt auch oberirdisch schnell ab. Die mittlere jährliche Abflußhöhe des Einzugsgebietes des Kall-Oberlaufs beträgt 500-700 mm. Im Jahresmittel machen die Anteile des Direktabflusses des Kall-Oberlaufs etwa zwei Drittel am Gesamtabfluß aus [128]. Durch umfangreiche Drainierungsmaßnahmen wurden die Abflußbedingungen im Untersuchungsgebiet wesentlich beeinflusst.

3.3.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen

Verkehrswege

Das Einzugsgebiet ist durch ein dichtes Straßennetz erschlossen. Von überregionaler Bedeutung ist die vielbefahrene B 399 (Düren-Monschau), die nördlich von Simmerath dem Lauf der Kall folgt, sie bei der Einmündung des Paustenbaches quert und im Norden die Wasserscheide nachzeichnet, sowie die B 258 (Aachen-Trier), die bei Entenpfehl parallel zur Staatsgrenze nach Belgien verläuft und die Kall dort quert. Zu erwähnen ist weiterhin die L 114, die zwischen Fringshaus und Lammersdorf auf der Wasserscheide verläuft, und die L 160 (Nebenstrecke Düren-Simmerath über Rollesbroich). Zahlreiche örtliche Straßen führen unmittelbar an die Gewässer heran. Nach Angaben Ortskundiger wird eine Furt durch die Kall bei Bickerath auch von Kraftfahrzeugen durchfahren und regelmäßig zum Autowaschen benutzt.

Als belgische Exklave verläuft die Strecke der Venneisenbahn (Raeren-Malmedy) in weitem Bogen über Lammersdorf durch das Einzugsgebiet. Die Trasse wird instandgehalten, derzeit allerdings ausschließlich touristisch genutzt.

Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Im 24,2 km² großen Untersuchungsgebiet liegt der Siedlungsflächenanteil bei 14,7%. Insgesamt leben im 29,6 km² großen Einzugsgebiet der Kalltalsperre 5.300 Menschen. Die Besiedlungsdichte des Einzugsgebietes liegt mit 177 Einwohnern/km² relativ hoch und nimmt infolge der Wohnvorortbildung weiter zu.

Zur Gemeinde Simmerath, dem zentralen Ort der Region, gehören im Untersuchungsgebiet die Ortschaften Lammersdorf, Paustenbach, Rollesbroich, Simmerath, Witzerath und Bickerath. Ein kleiner südwestlicher Teil des Gebiets gehört zu den Ortslagen Konzen, Entenpfehl und Hoscheit der Stadt Monschau.

Alle Ortslagen der Gemeinde Simmerath sind an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Zuletzt wurde im Laufe des Jahres 1997 der Anschluß der Ortschaft Paustenbach abgeschlossen. Damit entfällt die dort erlaubte Einleitung von teilgeklärtem Schmutzwasser aus Kleinkläranlagen über vier Einleitungsstellen ("Bürgermeister-Kanäle") in den Paustenbach.

Die Ortschaften Witzerath und Rollesbroich verfügen über Mischkanalisation, die Ortschaften Lammersdorf und Simmerath über Trennkanalisation; für die letztgenannten Ortschaften bestehen Erlaubnisse zur Einleitung von unverschmutzten Niederschlagswässern aus der Trennkanalisation über teils namenlose Vorfluter in Kall und Keltzerbach einerseits sowie in Bruchgraben, Kranzbach und Fischbach andererseits. Regenüberlaufbecken bestehen in Witzerath und Rollesbroich. Ihre Einträge von nur grob mechanisch gereinigtem Abwasser in die Gewässer können von großer Bedeutung sein.

Für 20 Anwesen (14 in Lammersdorf, 4 in Witzerath, 1 in Bickerath, 1 in Paustenbach) ist Befreiung von der Anschlußpflicht an die Kanalisation gem. § 53 Landeswassergesetz beantragt. Diese Grundstücke liegen in Ortsrandlage. Mehrheitlich (12) handelt es sich um landwirtschaftliche Betriebe, bei den übrigen um Wohnhäuser (6) und Sondernutzungen (Jagdhaus, Fernsehturm).

In der Ortschaft Lammersdorf befindet sich die Gruppenkläranlage Simmerath. Gemäß Sanierungsbescheid vom 27.06.1994 darf die Gruppenkläranlage derzeit 83 l/s gereinigtes Abwasser über eine Ablaufleitung um die Kalltalsperre in die Kall leiten (mündl. Mittlg. Herr Claßen, Bauamt der Gemeinde Simmerath, Unterlagen des Bauamtes).

In Konzen (Stadt Monschau) ist die Bebauung im Einzugsgebiet bis auf ein Wohnhaus mit Kleinkläranlage vollständig an die öffentliche Kanalisation angeschlossen und entwässert daher nach außerhalb des Einzugsgebietes. In Entenpuhl werden an zwei landwirtschaftlichen Anwesen und einem Jagdhaus geschlossene Gruben betrieben. Zwei Wohnhäuser verfügen über Kleinkläranlagen mit Untergrundverrieselung/Sandverrieselung. In Hoscheit sind fünf landwirtschaftliche Anwesen an geschlossene Gruben angeschlossen, vier dieser Gruben entleeren in vorhandene Güllebehälter, eine Grube wird regelmäßig geleert. (mündl. Mittlg. Hr. Steffens, Tiefbauamt Stadt Monschau)

10 % des Einzugsgebietes der Kalltalsperre liegen auf belgischem Staatsgebiet. Die Erhebung Hoscheit ist unbewohnt. Westlich der B 258 bestehen zwei Jagdhäuser, welche nicht an eine öffentliche Kanalisation angeschlossen sind. Zu zwei Jagdhäusern auf belgischem Staatsgebiet liegen keine näheren Angaben vor.

Insgesamt sind im Einzugsgebiet der Kalltalsperre etwa 32 Anwesen nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossen (Abwasserentsorgung über Gruben bzw. Kleinkläranlagen).

Industrie und Gewerbe

In Lammersdorf und insbesondere Simmerath existiert eine größere Anzahl kleinerer Handwerks- und Gewerbebetriebe unterschiedlicher Branchen. Zur Auslagerung bestehender und Ansiedlung neuer Betriebe dienen zwei ausgewiesene Gewerbegebiete östlich von Simmerath und oberhalb des Quellbereiches des Fischbaches, sowie südlich von Rollesbroich im Quellbereich des Roßbaches. Als einziges Industrieunternehmen im Einzugsgebiet beschäftigen die Junkerwerke in Lammersdorf 450 Mitarbeiter.

Wesentliche Beeinträchtigungen der Gewässerqualität in mikrobiologischer Hinsicht sind nicht zu erwarten.

Landwirtschaft¹

Im Oberlauf der Kall wurde erst durch umfangreiche Meliorationsmaßnahmen zur Entwässerung der Hochmoorgebiete in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts landwirtschaftliche Nutzung in größerem Umfang möglich [128].

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche nimmt aktuell ca. 55% des gesamten Einzugsgebietes ein. Es handelt sich nahezu ausschließlich um Grünland. Rund davon 247 ha (17%) sind nachweislich drainiert, vermutlich

¹ Zur Charakterisierung der landwirtschaftlichen Nutzung des Einzugsgebietes wurde vom WdKA in Abstimmung mit der Landwirtschaftskammer Rheinland, Bezirksstelle Aachen, freundlicherweise das von Büro Björnsen, Koblenz 1998 erstellte Gutachten „Landwirtschaft Kalltalsperre - Teil 1“ kurzfristig auszugsweise zur Verfügung gestellt; es stellt eine aufschlußreiche Ergänzung zu den eigenen Erhebungen (Kartierung, Interviews) dar und wurde unter jeweiliger Kenntlichmachung in die vorliegende Darstellung eingearbeitet.

jedoch insgesamt 311 ha (21 %) [10]. Im Untersuchungsgebiet ist der Flächenanteil 55,1 % (47,1 % Weiden, 7,8 % reine Mähwiesen, 0,2 % Ackerland).

Nach einer Bestandsaufnahme der Landwirtschaftskammer Rheinland, Kreisstelle Aachen, wirtschafteten 1994 insgesamt 59 landwirtschaftliche Betriebe im deutschen Teil des Einzugsgebietes der Kalltalsperre. 48 Betriebe lagen auch mit ihrer Hofstelle im Einzugsgebiet, die übrigen elf bewirtschafteten im Einzugsgebiet lediglich Nutzflächen. Nach aktuelleren Untersuchungen gaben zwischenzeitlich sechs Betriebe die Landwirtschaft auf; Acht Nebenerwerbsbetriebe konnten als auslaufend betrachtet werden [10].

Die Landwirtschaft beschränkt sich im Wesentlichen auf die Milchviehhaltung. Sie wird ganz überwiegend im Flüssigmistverfahren betrieben. Die Begüllung erfolgt nach Verordnung mit einer Pause von Dezember bis Januar/Februar. Der jährliche Gülleauftrag wird von Ortskundigen auf 15 m³/ha geschätzt. Die Güllewirtschaft wird von der Unteren Wasserbehörde überwacht.

Im Raum Lammersdorf/Rollesbroich liegt die Zahl der Großvieheinheiten nach Abzug nicht begüllbarer landwirtschaftlicher Nutzflächen bei 1,81/ha landwirtschaftliche Nutzfläche, in Hoscheit bei 1,94/ha [10]. Für das Tal des Paustenbaches wurde die Zahl der Großvieheinheiten von einem ortskundigen Mitarbeiter des WdKA auf etwa 2/ha geschätzt. Ein Landwirt in Lammersdorf gab für seinen Betrieb mit 80 ha Grünland 1,65 Großvieheinheiten/ha an.

Vom Verbot der Begüllung in Wasserschutzzone II und drainierten Flächen in Zone III gem. Entwurf der Wasserschutzgebietsverordnung für die Kalltalsperre und den deutschen Teil ihres Einzugsgebietes sind nach Untersuchungen der Landwirtschaftskammer Rheinland, Kreisstelle Aachen, 25 landwirtschaftliche Betriebe im Einzugsgebiet in ihrem Wirtschaften nachhaltig beeinträchtigt [10]. In der Umsetzung der Schutzgebietsverordnung ergeben sich daraus erhebliche Probleme.

Ackerbau findet man nur in sehr geringem Umfang in Ortsrandlage von Kesternich und Simmerath.

Bei der Probenahmestelle Bruchgraben in Simmerath befindet sich eine Fläche mit Damwildhaltung, nach Auskunft des Eigentümers ist wegen des zurückgehenden Ertrages eine Reduzierung vorgesehen.

Die teilweise im Rahmen der Flurbereinigung angelegten, teils geteerten Feldwege werden u.a. auch intensiv zum Viehtrieb genutzt. Entsprechende Verunreinigungen findet man vielerorts, auch in Gewässernähe. Besonders bemerkenswert war diese Feststellung im Bereich einer Furt durch die Kall unterhalb von Bickerath, wo aufgrund des Viehtritts zweifelsfrei eine Querung des Baches durch eine Viehherde festgestellt werden konnte. Bei einer Betrachtung der landwirtschaftlichen Nutzung ist auch die nicht erwerbsorientierte Nutzung zu berücksichtigen. Hierfür werden vielfach unrentabel zu bewirtschaftende Flächen in Steillagen oder Gewässernähe genutzt. So wurde am Paustenbach außerhalb der Ortslage und in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem Naturschutzgebiet ein Wohnhaus mit Stallungen aufgefunden, die der Ziegen- und Hühnerhaltung dienen. Die Ziegen wurden unmittelbar am Paustenbach angetroffen. Ferner zeigten sich Hinweise auf private Pferdehaltung, die aber im Einzugsgebiet, v.a. im Vergleich zur Nachbargemeinde Roetgen, derzeit noch eine eher unbedeutende Rolle spielt.

Mikrobielle Gewässerbelastungen können v.a. von gewässernahen Weideflächen, Viehtrieb durch Gewässer, Güllefehlaufbringung und Gülleunfällen ausgehen.

Forstwirtschaft

Mit der preußischen Herrschaft kam es im 19. Jahrhundert zu einer Trennung der traditionell eng verzahnten Wirtschaftszweige Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Industrie. Rodung wurde seitdem vorwiegend zur Schaffung landwirtschaftlicher Nutzflächen durchgeführt.

Der aktuelle Waldanteil an der Gesamtfläche des Einzugsgebietes liegt bei 25%, im Untersuchungsgebiet jedoch nur bei 21,2 %, wobei es sich fast ausschließlich um Nadelwald handelt.

Das größte zusammenhängende Waldgebiet befindet sich im Einzugsgebiet des Keltzerbaches und besteht hauptsächlich aus Nadelwald. Neben den nach 1880 eingeführten Fichten mit 80 % Flächenanteil wachsen auch Kiefern. Das Waldgebiet um den Keltzerbach gehört zum 400 ha großen Simmerather Wald, der sich in Gemeindebesitz befindet und mit dem Staatsforst Monschau ein großes zusammenhängendes Waldgebiet bildet.

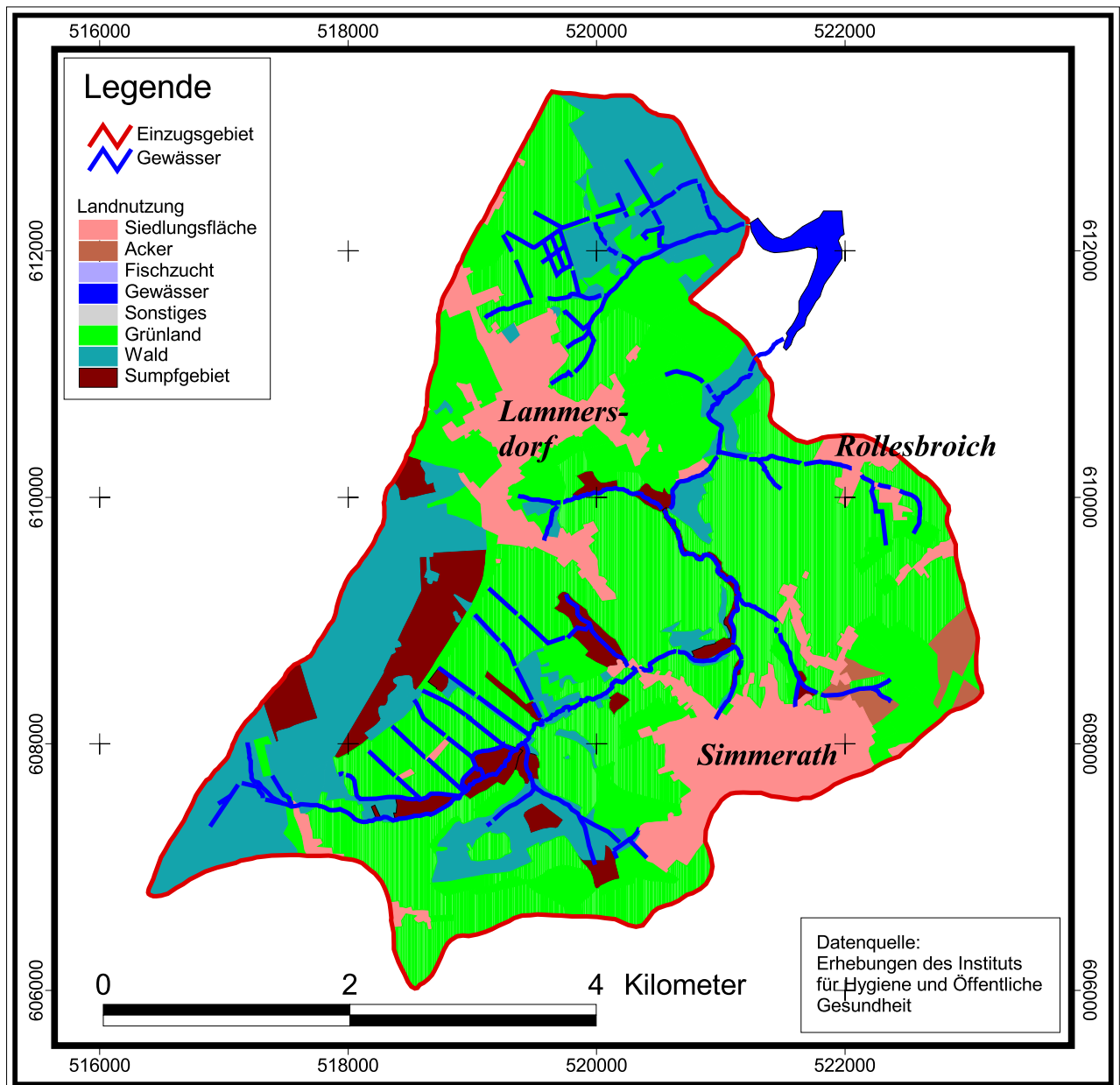
Die Einschläge erfolgen in Blockbildung, wobei ein Block vollständig durchforstet wird. Dabei werden in einem Jahr bei 250-300 ha 7.000-8.000 Festmeter abgeholzt. Das Holz wird mit Pferden vorgerückt. Ein durchforsteter Block ruht dann etwa 4-5 Jahre. Das Zielalter liegt bei 100 Jahren (mündl. Mittlg. D.Lüder, Forstamt Hürtgenwald).

Von dem ganzjährig geernteten Holz werden 10 % vor Ort geschält. Bei der Durchforstung verbleiben Wurzeln, Äste, Nadeln im Wald [128].

Die forstwirtschaftlichen Düngemaßnahmen im Bewirtschaftungsbereich des Forstamtes Monschau, in den auch der Oberlauf der Kall fällt, sehen einen Auftrag von 3 t kohlenstoffreichem Magnesiumkalk/ha im 5-Jahres-Rhythmus vor. Für das Einzugsgebiet der Kall im Forstamtsbereich Hürtgenwald sind keine Düngemaßnahmen vorgesehen [128].

Gemäß Waldfunktionskarte dienen die Waldflächen im gesamten Einzugsgebiet der Kalltalsperre in erster Linie dem Wasserschutz. 25 ha Wald liegen in Wasserschutzzone I, 575 ha in Zone II des in Ausweisung befindlichen Schutzgebietes. 120 ha Wald im unmittelbaren Umfeld der Kalltalsperre sind außerdem als Erholungswald (Stufe 2) ausgewiesen. Die zur Rotbuchenheckenlandschaft des Hohen Venns gehörenden Windschutzhecken und Restwaldflächen im Bereich der Gemeinde Simmerath sowie der Stadt Monschau wurden als landschaftsökologisch wertvolle Waldflächen kartiert. Die Ortslagen Lammersdorf und Rollesbroich sind in diesem Zusammenhang als Schutzgebiete mit landschaftpflegerischer Zielsetzung ausgewiesen.

Im belgischen Teil des Einzugsgebietes wurde, westlich von Lammersdorf und unmittelbar hinter der Bahntrasse (Flurname: Brand) ein größerer Kahlschlag aufgefunden. Holzurückarbeiten waren offensichtlich mit schweren Maschinen durchgeführt worden, das Profil der Entwässerungsgräben war streckenweise zerstört und eine flächenwirksame Erosion mit Ausbildung spontaner Erosionsrinnen hatte eingesetzt. Dadurch wurde bei Niederschlag eine erhebliche Sedimentbelastung der zum Paustenbach entwässernden Gräben verursacht.



Karte C: Landnutzung im Einzugsgebiet der Kall

Wildwirtschaft

Die Wälder im Einzugsgebiet werden als Jagden verpachtet. Der Wildbesatz wird auf 1-1,5 Stück Rotwild/100 ha und 3-4 Stück Rehwild/100 ha geschätzt. Daneben findet man auch Schwarzwild. Der Wildbesatz ist in Talsperrennähe geringer als in den höheren Lagen.

Probleme ergeben sich durch die Fütterung der Wildtiere, denn die Jagdpächter beginnen mit der Fütterung oft schon im Oktober, um die Tiere an die Futterplätze "zu gewöhnen". Die Vorgabe sieht dies nur in Notzeiten und erst im Zeitraum zwischen Dezember und März vor. Das erlegte Wild wird vor Ort ausgenommen. Man findet deshalb gelegentlich zu dieser Zeit Essensreste, Schlachtreste u.a. im Wald. (mündl. Mittlg. Herr D. Lüder, Forstamt Hürtgenwald).

Die Trinkwassertalsperre

Das Wasserwerk des Kreises Aachen GmbH nutzte als erstes Versorgungsunternehmen im Aachener Raum den Wasserreichtum der Eifel für die Trinkwassergewinnung. Zunächst war 1909-1911 die Dreilägerbachtalsperre errichtet worden. In den Jahren 1924-1926 wurde von Roetgen aus in Höhe der Dreilägerbachtalsperre ein 6,2 km langer Freispiegelstollen zum Kall- und Keltzerbachtal vorangetrieben (Kallstollen), um durch zwei Bachfassungen das benachbarte Niederschlagsgebiet zu erschließen. Die Bachfassungen wurden in den Jahren 1934-1935 durch den Bau der Kalltalsperre ersetzt.

Zur Überleitung von Wasser aus dem Obersee der Rurtalsperre wurde in den Jahren 1954-1956 die Rurüberleitung gebaut. Diese umfaßt zwei Rohrleitungsteile und einen 3,7 km langen Freispiegelstollen (Heinrich-Geis-Stollen) zur Kalltalsperre, von wo das Wasser direkt durch den Kallstollen zur Dreilägerbachtalsperre weitergeleitet wird.

Die Kalltalsperre ist durch folgende technische Daten charakterisiert [82]:

Stauziel	420,77 m ü NN
Speicheroberfläche	0,18 km ²
Gesamtstauraum	2,1 Mio. m ³
Jahresabflußsumme	17,5 Mio. m ³
Ausbaugrad (Stauraum/Jahresabflußsumme)	0,12
Einzugsgebiet	29,6 km ²
Vorstaubecken	nicht vorhanden

Im Untersuchungszeitraum liegt ein Entwurf zur Wasserschutzgebietsverordnung für die Kalltalsperre und den deutschen Teil ihres Einzugsgebietes vor. Das Wasserschutzgebiet umfaßt demnach die Kalltalsperre und ihr Niederschlagsgebiet. Zu Zone I zählt der Stauraum der Kalltalsperre bei Vollstau und ein Uferstreifen mit einer Mindestbreite von 100 m. Zone II umfaßt einen Schutzstreifen von mindestens 300 m um den Stauraum und einen Schutzstreifen von 100 m beiderseits der oberirdischen Gewässer und die Bereiche ihrer Quellgebiete sowie der Gräben, die mit oberirdischen Gewässern in Verbindung stehen. Wasserschutzzone III umfaßt die Bereiche, die weiter als 100 m von Gewässern und Gräben entfernt sind. Teilweise handelt es sich um Inselflächen in Zone II.

Das Tränken von Vieh jeder Art an oberirdischen Gewässern und Gräben sowie das Treiben von Vieh jeder Art durch Gewässer oder Gräben ist in Zone II gem. Entwurf der Wasserschutzgebietsverordnung seit 01.03.1997 verboten.

Erholung

Eine Freizeit- und Erholungswirtschaft ist im Einzugsgebiet in Ansätzen vorhanden, jedoch noch nicht sehr intensiv entwickelt. Auf einer Tourismuskarte sind für das Einzugsgebiet der Kalltalsperre lediglich Tennisplätze, Wandermöglichkeiten und zwei Grillplätze als touristische Außenaktivitäten ausgewiesen. Probleme können sich durch un gelenkte Freizeitaktivitäten der ortsansässigen Bevölkerung sowie durch Naherholungssuchende ergeben, wenn die Fließgewässer einbezogen werden. So konnte z.B. an einer Furt sommerlicher Badebetrieb beobachtet werden. Auch von anderen Badestellen an Kall und Nebenbächen wird berichtet.

3.4 Swist

3.4.1 Naturräumliche Ausstattung

Geographische Lage

Die Swist ist ein bedeutendes, rechtes Seitengewässer im Mittellauf der Erft und gehört somit zu deren unmittelbarem Einzugsgebiet. Sie durchfließt das untersuchte Areal auf insgesamt 42 km Länge, bevor sie bei Weilerswist in die Erft mündet.

Das Untersuchungsgebiet umfaßt den Großteil des Einzugsgebietes der Swist mit seinen tributären Fließgewässern und erstreckt sich von der rheinland-pfälzischen Landesgrenze im Süden bis nach Weilerswist im Norden. In der West-Ost-Ausdehnung umfaßt es das Gebiet von Flamersheim bis Meckenheim. Das Einzugsgebiet der Swist erstreckt sich auf einer Fläche von ca. 285 km². Administrativ gehört der größte Teil des Untersuchungsgebietes zum Rhein-Sieg-Kreis, nur ein kleiner Teil liegt im Kreis Euskirchen. Der süd-östliche Zipfel des Einzugsgebietes befindet sich in Rheinland-Pfalz und umfaßt Teile der Gemeinden Grafschaft und Altenahr.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Übergangsbereich zwischen der Niederrheinischen Bucht und der Eifel und wird im Osten durch den Höhenzug der Ville begrenzt. Die Swist und ein Großteil ihrer Nebengewässer entspringen im nordöstlichen Bereich der Eifel und durchfließen anschließend den südöstlichen Teil der Zülpicher Börde (Karte J). Diese weitgehend unbewaldete Region umfaßt den Südteil der Rheinischen Lößböden im Regenschatten der Eifel und zeichnet sich durch eine hohe Ertragsfähigkeit der Böden aus. Nach Norden öffnet sich die Zülpicher zur Jülicher Börde hin und erscheint somit als Keil, der nach Nordwesten geöffnet ist, nach Südosten spitz zuläuft und an beiden Seiten von relativ hoch aufragenden Bruchrändern eingefasst wird. Die Zülpicher Börde läßt sich in mehrere kleinere naturräumliche Einheiten untergliedern, von denen für das Untersuchungsgebiet nur die im Südosten gelegene Rheinbacher Lößplatte von Bedeutung ist (Abb. 3) [101].

Im Südwesten schließt sich an die Rheinbacher Lößplatte der Nordrand der Eifel an. Dieser Übergang gestaltet sich als markanter, in seinem Verlauf gut nachvollziehbarer Geländeanstieg, der sich in sanftem Bogen nach Nordwesten zieht und östlich des Jungbaches scharf nach Süden zurückspringt [101].

Das Einzugsgebiet der Swist wird zu einem Großteil durch ebene Lößgebiete mit großflächigen Ackerschlägen bestimmt. Durch die weitgehende Ausräumung gliedernder und belebender Landschaftselemente und die ausgesprochene Waldarmut stellt sich die Zülpicher Börde als recht strukturlos dar. Dieser Eindruck wird durch die morphologische Gleichgestaltigkeit noch verstärkt.

Nur im Süden des Gebietes wird dieses Bild der strukturlosen Bördelandschaft vom Eifelnordrand mit seinen markanten Bachtälern etwas aufgelockert. Die dort noch naturnahen Auenlandschaften, die Grünlandbestände und Restwaldflächen sind attraktive und abwechslungsreiche Landschaftsbilder und beleben die ausgeräumte Umgebung.



Abb. 3: Die naturräumliche Gliederung der Köln-Bonner Bucht 1:100 000 [62]

Geologie und Böden

Die Swist entspringt in den oberen Siegener Schichten der Voreifel, welche durch das Vorherrschen von Ton- und Schluffsteinen charakterisiert sind. Im Bereich der Nordabdachung der Eifel durchfließt sie einen mit Löß überlagerten variszischen Faltenrumpf aus devonischem Material, bevor sie schließlich bis zur Mündung bei Weilerswist ausschließlich in quartären Hauptterrassenschottern des Rheins fließt, welche tertiären Sanden, Kiesen und Tonen aufliegen [85]. Letztere stehen vor allem an den Bruchrändern der Zülpicher Börde und am Eifelrand oberflächennah an bzw. treten stellenweise sogar zutage.

Die Zülpicher Börde zeichnet sich durch großflächig einheitliche Böden aus. Für die Bodenbildung in diesem Gebiet sind vor allem die bis zu 2 m mächtigen Lößschichten von Bedeutung. In den teilweise recht tiefgründigen Braunerden und Parabraunerden kommt es vereinzelt zu Staunässebildung. Vor allem in den Niederungen der Fließgewässer hat dies die Ausbildung von Gley-Böden, wie Gley, Pseudogley, oder Gley-Parabraunerden zur Folge. Im Bereich von Geländestufen und an den Talrändern nimmt die Mächtigkeit der Lößauflage ab. An diesen Stellen findet eine Durchmischung des Oberbodenmaterials mit den darunter lagernden Kiesen

und Sanden statt; es bilden sich dort nährstoffärmere Böden aus [101]. Kleinräumig findet man auch Schwarzerden und Rendzinen sowie in Trockenrinnen Kolluvien.

Generell sind die Böden der Rheinbacher Lößplatte durch einen mittleren bis hohen Nährstoffgehalt charakterisiert. Vor allem die Parabraunerden erreichen hohe Bodenwertzahlen und gelten als absolute landwirtschaftliche Gunststandorte. Aus diesem Grund überwiegt in diesem Gebiet die intensive ackerbauliche Nutzung bis hin zum erfolgreichen Anbau anspruchsvoller Sonderkulturen. In den vereinzelt auftretenden Ungunstgebieten mit länger andauernder Vernässung herrschen dagegen Grünland oder Waldnutzung vor.

Geomorphologie

Das Untersuchungsgebiet ist in hohem Maße tektonisch geprägt. An die deutlich herausgehobene Villescholle, welche das Einzugsgebiet der Swist nach Osten hin abgrenzt, schließt sich im Westen die in nordöstliche Richtung gekippte Erftscholle an. Die Grenze zwischen diesen beiden Schollen ist gekennzeichnet durch das Bruchsystem des Erft- und Swistsprunges. Die Swist folgt diesem tiefsten Punkt der Erftscholle, während ihre Nebenbäche vom Eifel Fuß aus die ganze Ebene nach Nordosten durchqueren.

Durch die ungleichmäßige Lößdecke sowie die unzähligen kleinen Tälchen und Trockenrinnen erscheint das Relief des Untersuchungsgebietes flach gewellt. Vor allem im Bereich der Eifel-Nord-Abdachung zerschneiden die Swist und ihre Nebenbäche das Gelände in breite Riedel. Anschließend senkt sich der Eifelnordrand zum inneren Winkel der Zülpicher Börde bis auf 200 m bei Rheinbach ab [101]. Die absolute Höhe liegt im Einzugsgebiet der Swist zwischen ca. 380 m über NN im Süden und rund 120 m über NN im Norden.

Klima und Wettergeschehen

Das Einzugsgebiet der Swist zeichnet sich durch milde, trockene Winter und feuchte, relativ kühle Sommer aus. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 9-10°C und wird in NRW nur noch von den Temperaturen in der Köln-Bonner-Bucht übertroffen. Zwei Haupträume sind für das Wettergeschehen zu unterscheiden: der Mittelgebirgsbereich der Eifel und das Flachland der Niederrheinischen Bucht. Entsprechend der vorherrschenden Windrichtung befindet sich das Untersuchungsgebiet in Leelage zum östlichen Eifel Fuß, weshalb die mittleren Jahresniederschläge nur bei 650 bis 700 mm/Jahr liegen. Dabei fällt der Großteil der Niederschläge in den Sommermonaten. Für das Abflußverhalten aller Fließgewässer des Gebietes, vor allem in Hinblick auf eventuell auftretende Hochwässer, sind die am Nordostrand der Eifel fallenden Niederschläge von Bedeutung [85].

Vegetation

Im Bereich der Oberläufe der Fließgewässer sind die Waldgebiete im Einzugsbereich der Swist noch gut erhalten, da die einst ausgedehnten Staats- und Privatwälder von Rodungstätigkeit verschont geblieben sind [101].

Ein Großteil des Einzugsgebietes liegt jedoch in der waldfreien, intensiv ackerbaulich genutzten Lößlandschaft der Zülpicher Börde. Diese wurde wahrscheinlich schon in prähistorischer Zeit gerodet und nicht - wie lange Zeit angenommen - erst im Postglazial. Nur auf bodensauren und -feuchten Standorten, die nicht für den Ackerbau geeignet waren, konnten sich Eichen-Hainbuchen und Eichen-Buchenwaldbestände bis heute erhalten. Der Wald tritt im Einzugsgebiet der Swist hinter der landwirtschaftlichen Nutzung deutlich zurück: Be-

trachtet man den Bereich der Aue des 100jährigen Hochwassers, so macht dort der Waldbestand nur 2 % der Fläche aus.

Die Dauer der Vegetationsperiode im Bereich der Zülpicher Börde ist mit 170-180 Tagen über 10°C relativ lang.

Großflächig überwiegen ausgedehnte, offene Ackerfluren mit Weizen- oder Zuckerrübenanbau, vor allem im Zentrum der Zülpicher Börde. Im Eifelvorland kommt Grünlandwirtschaft und Obstanbau hinzu [101]. Vor allem im Raum Meckenheim haben sich Obstanbau und Baumschulen gegenüber dem Ackerbau durchsetzen können [133]. Die für Lößgebiete typischen Grenzlinienstrukturen, wie Säume, Hecken und Kleingehölze, sind im Landschaftsbild der Zülpicher Börde nur noch vereinzelt zu erkennen.

Im unmittelbaren Umgebungsbereich der Fließgewässer im Mittel- und Unterlauf lassen sich an einigen Stellen noch mehr oder weniger geschlossene Gehölzbestände finden, so etwa südlich von Meckenheim, mit geschlossener Erlen- und Weidenbedeckung, die durch Holundersträucher und Schlehen ergänzt wird, mancherorts auch durch Hasel-, Weißdorn- und Schneeballsträucher.

Zusammenfassend kann man sagen, daß im Süden des Untersuchungsgebietes die geschlossenen, alten und relativ natürlichen Gehölzbestände überwiegen, während nördlich von Flerzheim zunehmend streifenförmige Anpflanzungen zu finden sind. Gehölzfreie Strecken treten an allen Bächen in unterschiedlicher Länge auf.

Hydrologie

Die Swist entspringt im nördlichen Randgebiet der Eifel nahe dem rheinland-pfälzischen Kalenborn, in einer Höhe von ca. 325 m über NN. Sie berührt in ihrem Verlauf innerhalb der Landesgrenzen von NRW die Ortschaften Meckenheim, Lüftelberg, Flerzheim, Morenhoven, Dünstekoven, Heimerzheim, Metternich und Weilerswist und mündet schließlich nördlich von Weilerswist in die Erft, einen linksseitigen Rheinzulauf. Ihr fließen zahlreiche kleinere Bäche zu, so z.B. der Altendorfer Bach, der Ersdorfer Bach, der Morsbach, der Jungbach und der Schießbach. Viele dieser Nebenbäche haben ihr Quellgebiet ebenfalls in der Eifel. Das gesamte Einzugsgebiet hat eine Größe von 295 km², wovon etwa 256 km² innerhalb der Landesgrenze von NRW liegen. Das Untersuchungsgebiet bis zum Pegel umfaßt 285 km². Seine größte Ausdehnung hat das Einzugsgebiet der Swist von Südosten nach Nordwesten, wobei ein Höhenunterschied von 220 m mit einem durchschnittlichen Gefälle von 5,3 ‰ überwunden wird. Nach den Richtlinien des [137] gilt die Swist als Gewässer 2. Ordnung und wird dem Typ 2.2 "kleiner Fluß des Flachlandes" zugeordnet. Allerdings hat das Gewässer bis Vettelhoven eher den Charakter eines Mittelgebirgsbaches. Erst während seiner Fließstrecke auf der Erftscholle wird es zu einem Flachlandbach.

Wegen der hohen Jahresverdunstung von ungefähr 535 mm bei nur wenig höheren Jahresniederschlägen (600 – 700 mm) läßt sich das Gebiet der Zülpicher Börde als Wassermangelgebiet bezeichnen. Die Trinkwasserversorgung dieses Gebietes wird daher gewährleistet durch Trinkwasserimport aus dem rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreis (Wahnachtalsperrenverband) im Umfang von ca. 3,35 Millionen m³/Jahr (eigene Erhebung). Wegen der geringen Speisung durch Niederschläge und der tiefreichenden Kies- und Sandschichten weist das Untersuchungsgebiet keinen einheitlichen Grundwasserhorizont auf [101].

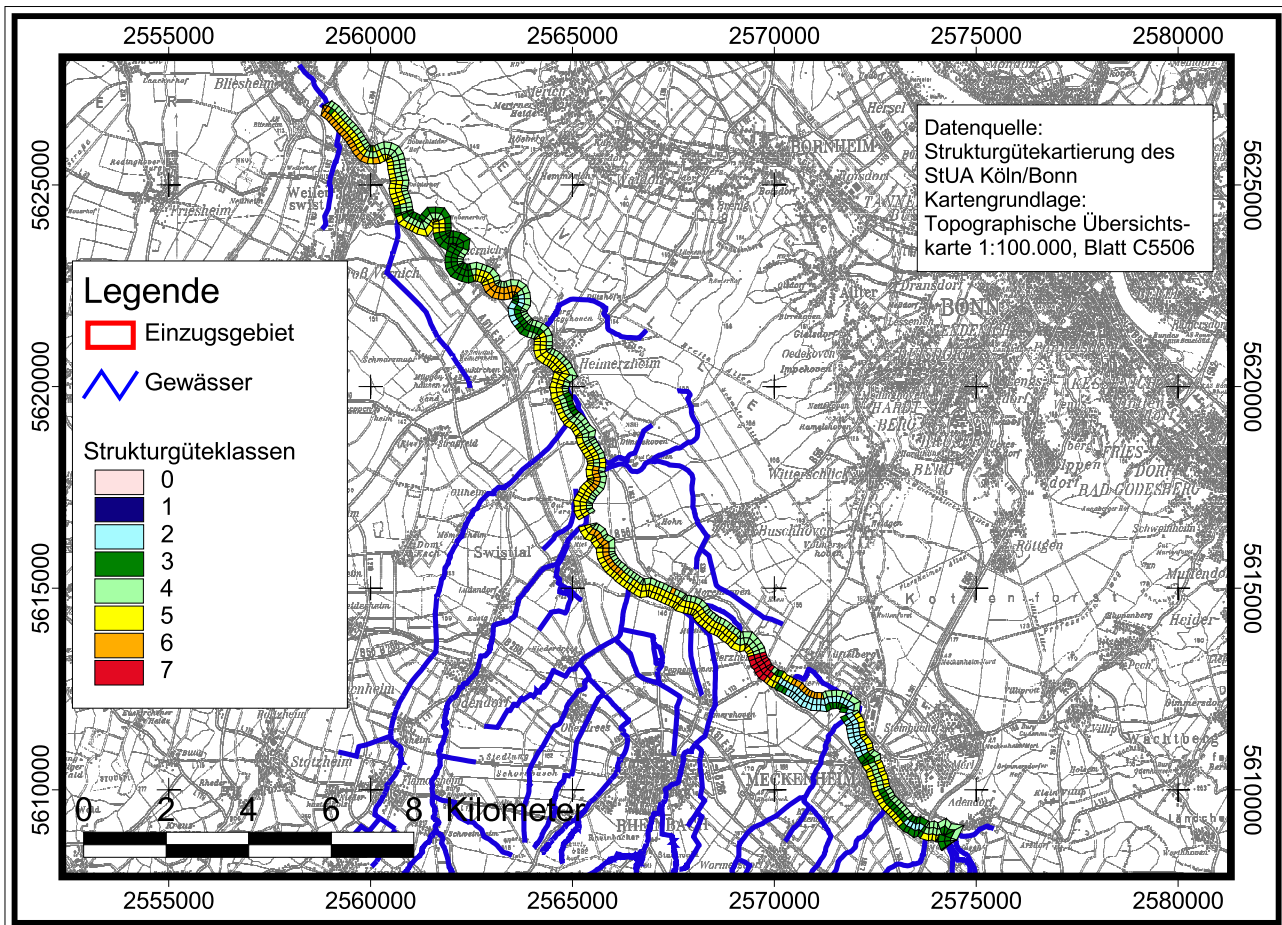
Die Abflußmengen der Swist wurden während des Untersuchungszeitraumes jeweils während der Probenahme durch Abflußmessungen nach [40] erfaßt.

Bedeutung für das landesweite Biotopverbundsystem

Im Rahmen der Umsetzung der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) zur Schaffung eines europaweiten Biotopverbundsystems „Natura 2000“ und als Instrument der Landesentwicklungsplanung werden seit 1996 durch die LÖBF Fachbeiträge des Naturschutzes und der Landschaftspflege erstellt. Diese basieren auf dem bestehenden Biotopkataster und weisen Biotopverbundflächen von regionaler oder landesweiter Bedeutung als landschaftsschutz- oder naturschutzwürdig aus.

Das Untersuchungsgebiet unterliegt aufgrund seiner Standortgunst einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, der mit einem Verlust an gliedernden Strukturelementen verbunden ist. Insbesondere im Bereich der Börde ist dieser Prozeß weit fortgeschritten. Mit dem Ziel einer Reaktivierung der Fließgewässerdynamik wurde die Swist in das landesweite Gewässerauenprogramm integriert und das „Swistauenkonzept“ erarbeitet. In diesem Zusammenhang und als Basis für die Neuauflage des Gebietsentwicklungsplans Köln entstand im Jahre 1999 der Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege für den Rhein-Sieg-Kreis und die Stadt Bonn. Diesem zufolge kommt dem Talsystem der Swist und den Quellbächen der Nebengewässer als einzigem strukturgliedernden Element der Börde eine landesweite, naturschutzwürdige Bedeutung im Biotopverbundsystem zu. Dies gilt ebenso für feuchte Laubwaldstandorte im Rheinbacher Wald und auf der Villehochfläche (Karte E). Darüber hinaus gelten mehrere offengelassene Kiesgruben und Parkanlagen als naturschutzwürdig (Stufe II). Übrige Laubwälder, Kleingewässer und das Obstanbaugebiet entlang des Eifelfußes südlich von Rheinbach werden als landschaftsschutzwürdig eingestuft. Alle übrigen Flächen sind als allgemeine Freiraum- und Agrarflächen ausgewiesen.

3.4.2 Anthropogene Überformung, Nutzungskonflikte und Belastungen



Karte D: Gewässer-Strukturkartierung der Swist

Lediglich im Quellgebiet bis etwa zur Ortschaft Esch fließt die Swist in ihrem natürlichen Bett (Foto 3, Seite 65). Nördlich der Ortschaft Flerzheim sind die Böschungen abgeschrägt, der Böschungsfuß mit Steinen befestigt und der Saumstreifen mit Rasen bewachsen (Foto 1). Die meisten Nebengewässer der Swist fließen überwiegend in ihrem natürlichen oder einem naturnahen Bett. Nur streckenweise wurden im Zuge des Autobahnbaus (BAB 61) und der Flurbereinigung die Ufer verändert oder die Bachläufe begradigt und verrohrt. 1998 waren nur 4-5% der Fläche des Einzugsgebietes versiegelt, sodaß nur geringe Beeinträchtigungen des Abflußverhaltens zu erwarten sind [31].

Auch die aktuelle Gewässerstrukturkartierung der Swist bestätigt den Eindruck eines anthropogen weitgehend veränderten Gewässerlaufes. Die Gewässerstrukturkartierung bewertet bestehende Strukturen des Gewässers wie Längs- und Querprofil, Ufer- und Sohlenstruktur sowie die Laufentwicklung und das Gewässerumfeld nach ihrem Grad der Entfernung von einem natürlichen Zustand, um Handlungsbedürfnisse aufzuzeigen [147]. Bei der Kartierung der Swist im Jahr 2000 konnte an keiner Stelle die Klasse 1, also „naturnah“, vergeben werden. Nur wenige Teilabschnitte galten als „bedingt naturnah“ oder „mäßig beeinträchtigt“. Der weitaus größere Teil wurde als „deutlich beeinträchtigt“ und sogar „merklich geschädigt“ eingestuft. „Stark“

bis „übermäßig geschädigt“ waren wiederum nur kleinere Uferteilstrecken, z.B. im Raum Meckenheim (Karte D).



Foto 1: Swist im Bereich der Einleitung der Kläranlage Miel

Im Bereich der Ortschaft Miel wird die Swist durch den Erftverband renaturiert. Dazu werden seit Herbst des Jahres 2000 folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Entfernung von Verwallungen,
- Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung,
- Gewinnung von Retentionsflächen durch "Freiheit des Gewässers",
- Ableitung der Dränwässer (hoher Pestizidgehalt) in Abschlagsammler.

Zwischen 1970 und 1980 gehörte die Swist zu den stark belasteten Gewässern Nordrhein-Westfalens. Die Ursache für die starke Belastung in den 70er Jahren waren vor allem Einleitungen unzureichend geklärter Abwässer. Im darauffolgenden Jahrzehnt verbesserte sich die Gewässergüte nur streckenweise. Erst die Durchführung der im "Gewässerauenprogramm Swist" geplanten Maßnahmen bewirkte eine erhebliche Verbesserung der Gewässergüte der Swist [102].

Im Gewässergütebericht der Jahre 1993/94 wurde die Swist hinsichtlich des Grades der organischen Belastung überwiegend immer noch als kritisch belastet eingestuft und stellenweise nur mit Güteklasse II-III (kritisch belastet) oder sogar III (stark verschmutzt) beurteilt. Ihre Nebengewässer wurden im selben Jahr überwiegend mit der Güteklasse II-III oder II bewertet [83]. Im Zeitraum 1993/94 wurde besonders unterhalb der Kläranlage Flerzheim noch eine kritische Belastung festgestellt. Im gleichen Gewässergütebericht wurde der Schieß-

bach bis zu seiner Mündung in die Swist, unterhalb der Ortschaft Dünstekoven, als sehr stark verschmutzt (Güteklasse III-IV) eingestuft. Die Einleitung von Abwässern einer Lederfabrik und der Kläranlage Flamersheim in den Schießbach trugen dort wesentlich zur Belastung des Gewässers bei. Die Schließung dieser Fabrik hat zur Verbesserung der Gewässergüte des Schießbaches beigetragen. Heute hat der Schießbach oberhalb der Ortschaft Palmersheim die Gewässergüte II. In seinem weiteren Verlauf wird er der Gewässergüteklasse II-III zugeordnet. Erst seit 1999 kann die Swist durchgängig in die Klasse II (gering belastet) eingestuft werden.

Verkehrswege

Die Städte Meckenheim, Rheinbach und das Gebiet um Swisttal zeichnen sich durch eine dicht ausgebaute Infrastruktur und durch eine sehr gute Verkehrsanbindung an das überregionale und regionale Straßennetz aus. Dies ist vor allem durch die Nähe zur Bundesstadt Bonn bedingt. Zwei Bundesautobahnen (BAB 61, BAB 565) und die Eisenbahnlinie Bonn-Euskirchen durchqueren das Untersuchungsgebiet. Zahlreiche örtliche Straßen führen nahe an das Gewässer heran.

Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Im Untersuchungsgebiet leben ca. 70.000 Menschen. Die relativ hohe Bevölkerungsdichte von 246 E/km² liegt aber noch unter der durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von NRW. Meckenheim, Rheinbach, Wachtberg sowie Swisttal und Weilerswist sind die größten Städte und Gemeinden im Swisteinzugsgebiet. Der Siedlungsflächenanteil im Untersuchungsgebiet liegt bei 12 %; etwa 6 % der Fläche sind als Wohnbaufläche ausgewiesen.

Die kommunale Abwasserbehandlung im Untersuchungsgebiet obliegt dem Erftverband. Alle Ortschaften im Einzugsgebiet der Swist (linksrheinischer Rhein-Sieg-Kreis) sind an die öffentliche Kanalisation angeschlossen (mündl. Mitteilung der Unteren Wasserbehörde des Rhein-Sieg Kreises vom 14.06.00). Zur Behandlung der kommunalen Abwässer werden vom Betreiber im Untersuchungsgebiet 8 Kläranlagen unterhalten. Die für die vorliegende Untersuchung ausgewählten Kläranlagen entwässern im Misch- und/oder Trennsystem. Die Entwässerungsgebiete der untersuchten Kläranlagen sind in Karte F, weitere Einzelheiten in Kapitel 5.1.4, dargestellt.

Die Anzahl der Kleinkläranlagen im linksrheinischen Rhein-Sieg-Kreis ist sehr gering. Die Betreiber von Kleinkläranlagen werden in einer Kartei der Unteren Wasserbehörde des Rhein-Sieg-Kreises geführt

Abgrabungen, Bergbau

Schon in der Römerzeit wurde in diesem Gebiet Lößlehm zur Keramik- und Ziegelherstellung gewonnen. Stellenweise wurden Mergel zur Bodendüngung abgebaut.

Auch heute noch werden die anstehenden tertiären Tone (z.B. in der Gemeinde Graftschaff und in Adendorf) sowie Sande und Quarzite (bei Metternich und nordöstlich von Weilerswist an das engere Untersuchungsgebiet angrenzend) abgebaut. Letztere finden Verwendung als Betonkies, Bausand sowie in der Teerschotter- und Kalksandsteinproduktion.

Zusätzlich wurde die hydrologische Situation anthropogen extrem beeinflusst durch Sumpfungsmaßnahmen im nördlich sich anschließenden Braunkohlerevier und den damit verbundenen erheblichen Grundwasserabsenkungen. Infolgedessen sind zahlreiche natürliche Fließgewässer dauerhaft oder diskontinuierlich trockengefal-

len. Heute ist der Braunkohletagebau um Zülpich eingestellt und große Landschaftsteile sind durch großflächiges Auftragen von Lößlehm rekultiviert worden.

Bedingt durch die tektonische und klimatische Situation des Gebietes kam es allerdings auch vor den Sumpfungsmaßnahmen des Tagebaus zu Versickerungen und zum Trockenfallen von Bachabschnitten, dies gilt z.B. für den Jungbach/Ohrbach bei Essig und für den Schießbach in der Nähe von Dom-Esch. In besonders trockenen Sommern können diese Bachabschnitte trockenfallen, obwohl die Bäche im Oberlauf noch Wasser führen [31].

Industrie und Gewerbe

Die Stadt Meckenheim mit ihren ca. 25.000 Einwohnern hat einen hohen Arbeitsplatzanteil im Bereich Industrie und Gewerbe. Der "Industriepark Kottenforst" soll in den kommenden Jahren weiter ausgebaut werden, so daß Meckenheim sich zu einer Mittelstadt mit den entsprechenden Infrastruktureinrichtungen entwickeln kann [133].

Die Stadt Rheinbach ist bezüglich Handel und Gewerbe als Mittelpunkt eines Versorgungsbereiches von 100.000 Einwohnern anzusehen. Ihr wirtschaftlicher Schwerpunkt liegt neben dem produzierenden Gewerbe vor allem in den Dienstleistungsbereichen. Es bestehen Möglichkeiten zur Neuansiedlung oder Verlagerung von Betrieben.

Die oberflächennah anstehenden tertiären Tone, Sande und Quarzite der Zülpicher Börde werden in Industriebetrieben aus den Bereichen Feinkeramik, Glas, Kunststoff und Chemie verarbeitet. Glasveredelungsbetriebe sowie eine staatliche Glasfachschiule und das Glasmuseum mit Arbeiten aus drei Jahrhunderten verdeutlichen die Bedeutung dieses Industriezweiges für die Stadt Rheinbach.

Überregional bekannt geworden ist Rheinbach sowohl durch den regional einzigartigen 150 ha großen Büro- und Gewerbepark, in dem 1996 das Gründer- und Technologiezentrum Rheinbach entstanden ist, als auch als Bundeswehr- und Fachhochschulstandort der neu gegründeten Fachhochschule Rhein-Sieg [133].

Die Gemeinde Swisttal entwickelt sich vor allem als Standort für Handels- und Produktionsbetriebe, die für die (mikrobielle) Qualität der Gewässer nicht unmittelbar relevant sind. Es stehen außerdem noch neue Wohn- und Gewerbeflächen in der näheren Umgebung zur Verfügung. Die größten Arbeitgeber der Gemeinde sind der Bundesgrenzschutz und andere Bundeseinrichtungen [133].

Im Entwässerungsgebiet der Kläranlage Hilberath liegt eine Metzgerei, welche mit Blut und Fett verschmutztes Abwasser über die öffentliche Kanalisation entsorgt. Der Betrieb der Kläranlage Hilberath wird dadurch zeitweise stark gestört. So treten z.B. Probleme im Belebungsbecken der Anlage auf (Blähschlamm).

Die Kläranlage Flerzheim erhält über Tankwagen Galvanikabwässer und Abwässer aus Öl- und Seifenverarbeitender Industrie.

Landwirtschaft

Die klimatische Gunstlage und die ertragreichen Lößböden des untersuchten Gebietes machen es für die Landwirtschaft besonders wertvoll. Entsprechend der hohen Bodengüte ist die von der Swist und ihren Nebengewässern entwässerte Börde durch einen hohen Anteil an Intensivkulturen gekennzeichnet. Rund um die Gemeinden Weilerswist, Metternich und Heimerzheim findet man kleinparzelligen Obst- und Gemüseanbau.

Auch im Gebiet um die Stadt Meckenheim hat intensiver Obstanbau eine lange Tradition. Überwiegend ist diese fruchtbare Bördelandschaft durch offene Ackerfluren gekennzeichnet, auf denen Hackfrüchte und Getreide angebaut werden [62].

Von den durch die Landwirtschaftskammer Rheinland 1997 erfaßten 133 Betrieben im Swistauenbereich des 100-jährigen Hochwassers bewirtschaften 89 % die Betriebsflächen als Ackerland und nur 7,5 % als Grünland. Das Verhältnis Ackerland (inkl. der Sonderkulturen) zu Grünland ist im Bereich des 100jährigen Hochwassers 92:8. Insgesamt werden im Einzugsgebiet 45 % der Fläche ackerbaulich und 7 % als Grünland genutzt (ATKIS-Abfrage).

In den Gemeinden Meckenheim, Swisttal und Rheinbach gab es zur Zeit der Erhebung durch die LWK 95 Betriebe mit nennenswertem Obstbauanteil. Hiervon lagen 18 mit einem Flächenanteil von bis zu 46 ha im unmittelbaren Swistauenbereich. Vor allem im Raum Meckenheim lagen viele der Obstanbaubetriebe im Bereich des 100jährigen Hochwassers der Swist. Im gesamten Einzugsgebiet der Swist werden 7 % der Fläche zum Anbau von Sonderkulturen genutzt (ATKIS-Abfrage, Karte E).

Neben dem Ackerbau wird in der Swistau auch Milchviehhaltung betrieben: 26 % der erfaßten Betriebe hielten im Jahr 1996 Milchkühe, bei einer durchschnittlichen Bestandsgröße von 26 Tieren. Von zunehmender Bedeutung waren die Rinder- und Schweinemast sowie die Pferdehaltung. Die insgesamt relativ geringe Bedeutung der Viehhaltung im Einzugsgebiet zeigt sich am durchschnittlichen Wert von 27 Großvieheinheiten (GV) je 100 ha, gegenüber durchschnittlich 77 GV/100 ha im gesamten Rhein-Sieg-Kreis..

Im Raum Meckenheim verwenden obstproduzierende Betriebe zur Beregnung ihrer Kulturen vor allem Grundwasser, welches sie in eigenen Brunnen gewinnen. Vereinzelt wird zur Beregnung von Sonderkulturen (z.B. Erdbeeren) auch Oberflächenwasser genutzt. Aus dem Ohrbach bei Odendorf wird an 4 Stellen Wasser zur Beregnung entnommen. Dies geschieht nach Rücksprache mit den Betreibern der bachaufwärts liegenden Steinbachtalsperre, die in diesem Fall Schieber öffnen, damit ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Aus dem Schießbach wird an einer Stelle Wasser zu Bewässerungszwecken entnommen (mündl. Mitteilung durch Herrn Daniel / LWK vom 15.11.00). Die Entnahme von Oberflächenwasser zur Beregnung erfolgt u.U. auch ohne Erlaubnisbescheid. Im Untersuchungsgebiet wurde an der Probenahmestelle P17 außerdem die direkte Entnahme von Flußwasser zur Viehtränkung beobachtet.

Hinsichtlich der Gewässernähe der landwirtschaftlichen Betriebe ergab eine GIS-Abfrage, daß 94,2 % der landwirtschaftlichen Betriebe in einer Entfernung von unter bzw. bis 500 m zur Swist gelegen sind. 10,5 % liegen sogar in einer Entfernung von unter 50 m. Aus der Entfernung der landwirtschaftlichen Betriebe zum Gewässer können allerdings ohne Berücksichtigung der Wirtschaftsweise keine spezifischen Rückschlüsse auf eine mikrobielle Belastung des Gewässers gezogen werden. Eine mikrobielle Kontamination des Gewässers ist durch direkte landwirtschaftliche Nutzung z.B. Viehtränken im Bach, wie auch durch Abspülung von Wirtschaftsdünger aus landwirtschaftlich genutzten Flächen möglich.

Die intensive landwirtschaftliche Nutzung im Untersuchungsgebiet kann eine Reihe von Beeinträchtigungen mit sich bringen. Hierzu zählen vor allem die Eutrophierung der Gewässer sowie Biozideintrag durch fehlende Pufferzonen vor allem aus den Sonderkulturen im Raum Meckenheim. Durch ein weitverzweigtes Drainsystem

wird mit Bioziden belastetes Niederschlagswasser in der Nähe der Ortschaft Miel ebenfalls der Swist zugeleitet. Dadurch läßt sich unterhalb der Ortschaft Miel eine Kontamination mit Bioziden nachweisen, deren Entstehung nicht in unmittelbarer Umgebung ihres Auftretens verursacht wird (mündl. Mitteilung durch Herrn Beier/Erftverband vom 16.10.00).

Eine Untersuchung des LUA in den 90er Jahren ergab, daß die Erft in ihrem Mittellauf unterhalb der Mündung der Swist, stark mit den Phenylharnstoffverbindungen Diuron und Isoproturon belastet ist. "Auch die im Rüben- bzw. Kartoffelanbau eingesetzten Wirkstoffe Metamitron und Metribuzin zeigten 1997 deutlich höhere Konzentrationen in der Erft. Daneben wurde erstmals der Diuron-Ersatzstoff Glyphosat nachgewiesen" [84].

Forstwirtschaft

Der Landschaftsraum des Untersuchungsgebietes war ursprünglich eine von Eichen, Buchen und Hainbuchen geprägte Waldlandschaft. Auf den nährstoffarmen Böden im Süden sind verschiedene Buchenwaldgesellschaften die potentiell natürliche Vegetation. Auf den Lößplatten der Zülpicher Börde ist es je nach Standort der Maiglöckchen-Stieleichen-Hainbuchenwald oder der Maiglöckchen-Perlgras-Buchenwald. In den Talauen werden Schwarzerlen- und Eschenbrüche als potentielle, natürliche Vegetation angegeben [31]. Durch menschliche Eingriffe entstand im Bereich der Börde eine ausgeräumte Agrarlandschaft.

Bereits in fränkischer Zeit wurden die Wälder über mehrere Jahrhunderte zur Waldweide und Holzgewinnung genutzt. Auf staufeuchten Standorten wurden in den letzten 200 Jahren umfangreiche Rodungen durchgeführt. Heute sind noch 27 % des Einzugsgebietes der Swist von Wald bedeckt, vereinzelt sind Laubmischwälder als Restwaldinseln in der Agrarlandschaft erhalten geblieben. Der ehemalige Nieder- und Mittelwaldcharakter ist außerhalb der zur Eifel gehörenden Quellgebiete nur noch an wenigen Stellen erkennbar (ATKIS-Abfrage, Karte E).

Rezent finden sich im Einzugsgebiet der Swist nur noch zwei nahezu zusammenhängende Waldflächen (siehe Karte E): Die im Nordosten liegenden Ausläufer der Waldville sowie einige Wälder im Süden.

Die Waldgebiete im gesamten Untersuchungsgebiet bestehen weitgehend aus Laub-Nadelholz-Mischwald ohne Reinkulturen. Die Wälder werden soweit wie möglich naturnah bewirtschaftet. Einschläge werden in Form von Femelschlägen durchgeführt. Der Staatsforst nahe Buschhoven wurde zur Vermeidung zunehmender Bodenversauerung gekalkt.

Aufgrund der gering geneigten Flächen in den forstwirtschaftlich genutzten Bereichen und der geringen Bedeutung der Forstwirtschaft, ist kaum von Gewässerbeeinträchtigungen auszugehen.

Wildwirtschaft

Im Einzugsgebiet der Swist gibt es natürliche Vorkommen von Damwild, Rehwild, Rotwild und Schwarzwild. Der Wildbesatz des Staatsforstes pro 100 ha wird wie folgt angegeben: 3-5 Schwarzwild, 14 Rehwild und 1,5 Damwild. Im Forst Schornbusch hält sich zeitweise Rotwild auf (Wechselwild). Der Rehbestand liegt damit deutlich über dem verträglichen Wert von 5-10 Tieren. Über Verbiß wird allerdings nicht berichtet.

Die Wälder im Einzugsgebiet werden z.T. als Jagden verpachtet, z.T. als Gemeinschaftsjagden oder als Pirschbezirke genutzt (pers. Mitteilung Herr Artmann, Staatl. Forstamt Bonn). Fütterungs- oder Lagerstellen direkt an den Gewässern wurden aber nicht beobachtet.



Foto 2: Fischteiche oberhalb der Probestelle P16

Fischwirtschaft

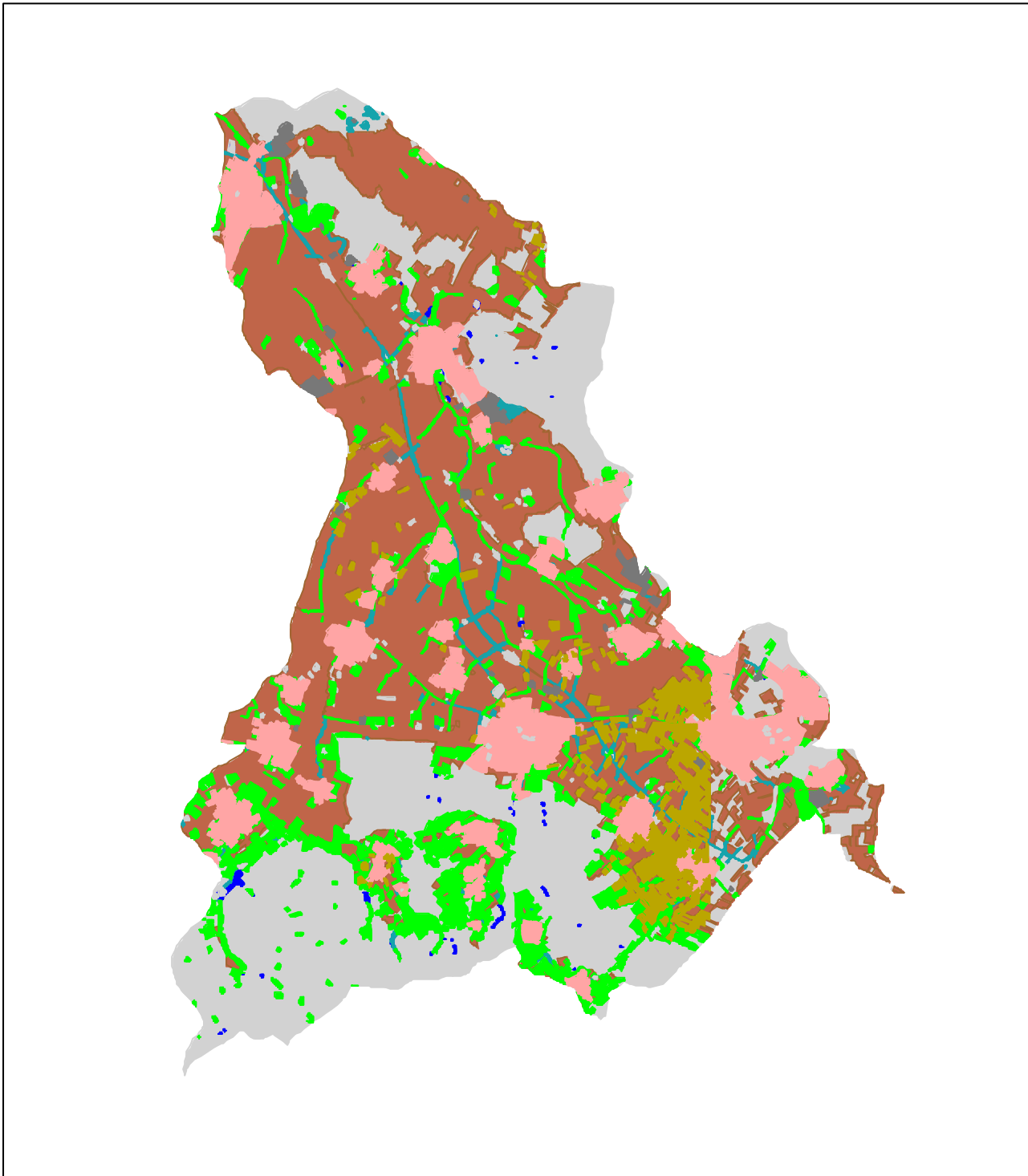
Vor allem südlich von Rheinbach sind entlang mehrerer Bachläufe Fischteiche angelegt. Etwa 2,5 km oberhalb der Probenahmestelle P16 am Hunnensiefen werden z.B. 7 Fischteiche extensiv bewirtschaftet (Foto 2). Etwa 2,2 km oberhalb dieser Probenahmestelle liegt das Anwesen "Haus Winterberg" mit dazugehörigem Teich und Damwildgehege (Foto 9). Das naturnahe Tal des Schnelleckesbachs wurde ebenfalls z.T. durch die Anlage von Fischteichen überformt. Wie bereits für das Wahnbach-Einzugsgebiet beschrieben, können von diesen Fischteichen verschiedenste Belastungen der Gewässer ausgehen.

Erholung

Die Bedeutung des Swist-Einzugsgebietes für die Naherholung ist eher gering, da es zwischen den waldreichen Flächen des Kottenforstes und der Rheinbacher Voreifel liegt, welche beide dem Naturpark "Kottenforst-Ville" angehören und über hinreichende Infrastruktur wie Parkplätze, Reit- und Wanderwege etc., verfügen. Die Rheinbacher Börde gehört dem "Zweckverband Naturpark Kottenforst-Ville" an, der im Jahr 1978 gegründet wurde und sich unter anderem mit dem Ausbau des Gebietes zu Naherholungszwecken beschäftigt. Es besteht ein Radwanderwegenetz der Kommunen Swisttal, Rheinbach und Meckenheim, welches der Nah- und Wochenenderholung dienen soll, sowie zwei Hauptwanderwege des Eifelvereins von Heimerzheim über Buschhoven bis nach Rheinbach bzw. vom Kottenforst über Flerzheim nach Rheinbach[133].

Vereinzelt wurde im Rahmen des Untersuchungsvorhabens eine Freizeitnutzung der Swist und ihrer Nebengewässer festgestellt. So war z.B. im Bereich der Probenahmestelle P15 an einer über den Bach hängenden

Weide Spielgerät befestigt. Oberhalb der Probenahmestelle P21 innerhalb der Ortslage Metternich weisen Trampelpfade zum Gewässer und im Bachbett errichtete kleine "Stauwälle" ebenfalls auf Nutzung durch spielende Kinder hin. Während der Sommermonate wird in der Madbachtalsperre (Loch/Queckenberg) gebadet.



Karte E: Landnutzung im Einzugsgebiet der Swist

3.5 Charakterisierung der Kläranlagen

3.5.1 Kläranlage Hillesheim

Der für die Gewässerreinigung im Gemeindegebiet Much zuständige Aggerverband baute die Kläranlage in Hillesheim 1982. Sie liegt in der Wasserschutzzone II B (äußerer Bereich) der Wahnbachtalsperre, ca. 6 km oberhalb des Vorstaubeckens an der Einmündung des Markelsbaches in den Wahnbach.

Die Anlage verfügt über eine Kapazität für 3.000 Einwohner und EGW. 1982 waren 779, Ende 1996 2.100 Einwohner an die Kläranlage angeschlossen. Das Einzugsgebiet ist im Trennsystem entwässert.

Da ausschließlich häusliche Abwässer geklärt werden, wurde der Betrieb einer einstufigen biologischen Kläranlage mit Nachklärbecken in Blockbauweise für zweckmäßig erachtet. Der Belebungsanlage sind ein doppelter automatischer Rechen und ein belüfteter Sandfang mit Fettfang vorgeschaltet (Kurzinformation des Aggerverbandes zum Klärwerk Hillesheim; pers. Mittlg. Herr Wonka, Aggerverband).

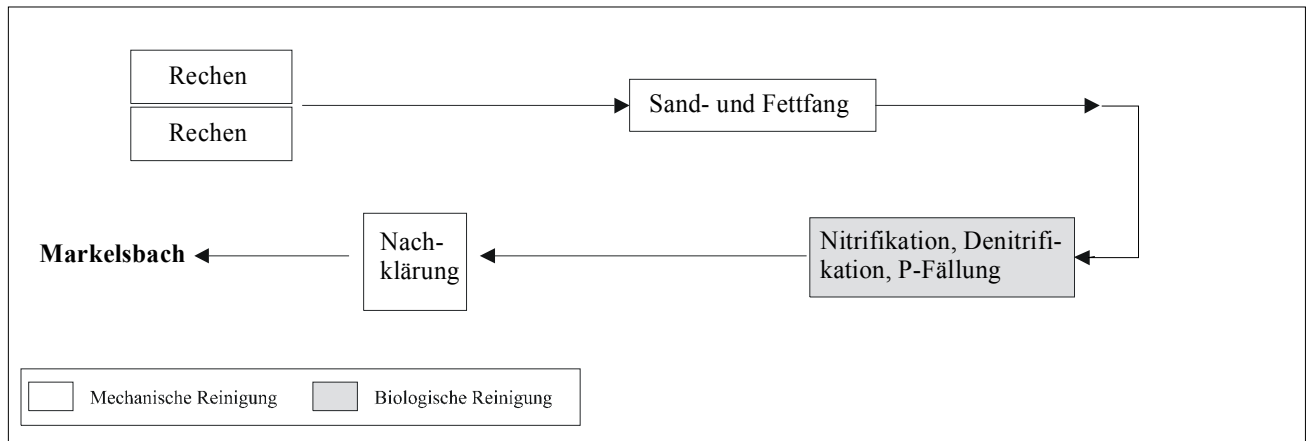


Abb. 4: Fließschema der Kläranlage Hillesheim

3.5.2 Kläranlage Niederkassel

Die bestehende Kläranlage Niederkassel wurde 1991-1994 erweitert und saniert. Die Teilbetriebnahme der biologischen Reinigungsstufe erfolgte 1992. Es handelt sich nach Einschätzung des Betreibers um eine der modernsten Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen.

Die Anlage ist schwach belastet, außer Siedlungsabwässern werden nur in geringem Umfang klein- und mittelständisches Gewerbe entsorgt. Diese sind über ein Indirekteinleiter-Kataster erfaßt.

Die Anlage ist auf 35.000 Einwohnergleichwerte dimensioniert, die Auslastung im Untersuchungsjahr lag bei 28.000 EGW. Der Durchsatz liegt bei 1,7 Mio m³ Abwasser/Jahr aus einem Mischkanalsystem für Schmutz- und Regenwasser.

Über ein Rohwasserpumpwerk gelangt das Abwasser in eine Feinsiebrechenanlage, welche alle Feststoffe > 6 mm auffängt. Nachgeschaltet ist ein belüfteter Sandfang mit integrierten Fettfangkammern.

Es sind zwei Vorklärbecken vorhanden, allerdings nur eines in Betrieb, um die Reinigungsleistung etwas zu senken, da zu gering belastetes Abwasser mit Blähschlamm bildung in der biologischen Stufe in Zusammenhang gebracht wird. Alle absetzbaren festen Bestandteile sinken auf den Beckenboden. Nach den mechanischen Reinigungsschritten sind bereits 30 % der Kohlenstoffverbindungen (Fette, Eiweißstoffe) aus dem Abwasser entfernt.

Drei Belebungsbecken werden im Parallelbetrieb gefahren; die Aufenthaltsdauer des Abwassers im Becken beträgt 6 Stunden. Es erfolgen: aerob mikrobieller Abbau von Kohlenstoffverbindungen, aerob mikrobielle Nitrifizierung, anaerob mikrobielle Denitrifikation und simultane Phosphatfällung mit Eisensalz; außerdem wird Kalkmilch zur pH-Wert-Einstellung zudosiert.

Vier Nachklärbecken werden parallel betrieben. Die mittlere Aufenthaltsdauer liegt bei 4 Stunden. Nach Abschluß der Klärung sind 95-98% der Kohlenstoffverbindungen (Fette, Eiweißstoffe) aus dem Abwasser entfernt. Als Vorfluter dient der Rhein (persönl. Mittlg. Herr Schmitz, ehem. Leiter des Tiefbauamtes der Stadt Niederkassel).

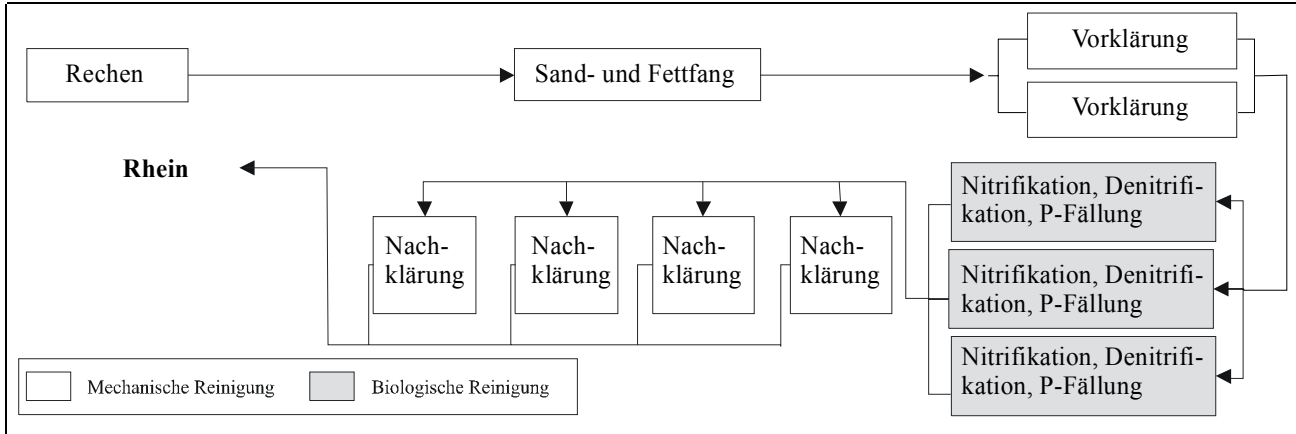


Abb. 5: Fließschema der Kläranlage Niederkassel

Tabelle 1: Technische Daten der untersuchten Kläranlagen

Kommune	Kläranlage	Einzugsgebiet [km²]	Abwassertyp	EW ¹ (1996)	Anlagevolumen [m³]	Abwasser 1996 [1000 m³/a]	EW-Gleichwert	TW-Zufluß ² Q _t [m³/h]	M-Zufluß ³ Q _m (m³/h)
Gemeinde Much	Hillesheim		Trennsystem	2.100			3.000		
Stadt Niederkassel	Niederkassel		Mischsystem	28.000		1.700	35.000		
Stadt Meckenheim	Flerzheim	12,48	Mischsystem (Trennsystem Industrie)	36.519	23.382	3.171	50.000	720	1440
Stadt Rheinbach	Rheinbach	7,63	Mischsystem	14.961	13.000	1.702	22.000	360	720
	Loch	0,35		791	312	93	850	21,6	43,2
	Hilberath	0,22		388	308	37	850	10,8	50,4
Gemeinde Swisttal	Miel	2,99	Mischsystem (Trennsystem Industrie)	9.986	5.667	721	11.000	180	396
	Heimerzheim	2,62		7.340	5.446	544	10.700	192,6	385,2

¹ EW = Einwohner ohne Industrie- und Gewerbeanteil (vgl. Geschäftsbericht Ertverband 1996)

² TW-Zufluß = Trockenwetterzufluß (vgl. Wasserrechtliche Erlaubnisbescheide Regierungsbezirk Köln 1991-1994)

³ M-Zufluß = Mischzufluß (vgl. Wasserrechtliche Erlaubnisbescheide Regierungsbezirk Köln 1991-1994)

3.5.3 Kläranlage Hilberath

Die Kläranlage Hilberath, südlich von Rheinbach gelegen, reinigt ausschließlich kommunales Schmutzwasser der Ortslage Hilberath (siehe Karte F). Mit 850 Einwohnergleichwerten und einem Anlagevolumen von 308 m³ handelt es sich um die kleinste der acht Kläranlagen der Untersuchung. Das kommunale Schmutzwasser der Ortslage Hilberath wird über ein Mischsystem zur Kläranlage geleitet. 30% des gesamten Abwassers entfallen auf Fremdwasserzuflüsse. Im Falle erhöhter Niederschläge ($>20 \times Q_t$) von mehr als 15 Liter pro Sekunde und Hektar erfolgt bereits vor der mechanischen Reinigungsstufe ein Abschlag über ein Trennbauwerk ohne Abwasserbehandlung in den Altendorfer Bach/Katzenbach. Die Feinentlastung hinter dem Grobrechen springt bei einer Niederschlagsmenge $>4 \times Q_t$ an und schlägt ebenfalls in den Bach ab. Bei Normalzufluß erfolgt nach Entfernung der Grobstoffe und mineralischer Bestandteile über Rechen und Sandfang direkt der biologische Hauptreinigungsprozeß in einer Kompaktanlage, d.h. Belebungs- und Nachklärbecken finden in einem Bauwerk statt. Das gereinigte Wasser wird in den Altendorfer Bach/Katzenbach eingeleitet, der schließlich in die Swist mündet.

Eine Metzgerei im Einzugsgebiet der Kläranlage entsorgt zeitweise stark organisch belastete Abwässer (Blut, Fette) in die öffentliche Kanalisation. Der Betrieb der Kläranlage wird dadurch erheblich gestört, z.B. durch die Bildung von Blähschlamm auf der Oberfläche des Belebungsbeckens.

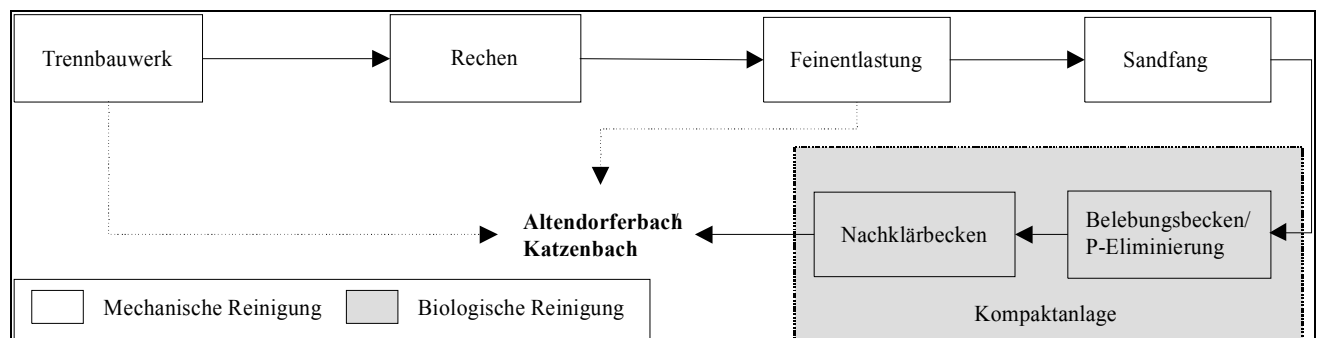


Abb. 6: Fließschema der Kläranlage Hilberath

3.5.4 Kläranlage Flerzheim

Das Gruppenklärwerk (GKW) Flerzheim ist mit 50.000 Einwohnergleichwerten und einem Anlagevolumen von 23.382 m³ die größte Kläranlage im Einzugsgebiet der Swist. Die Kläranlage reinigt die Abwässer der Stadt Meckenheim mit allen Ortsteilen, der Ortstagen Wormersdorf, Flerzheim und Ramershoven (Stadt Rheinbach) und der Ortslage Adendorf (Gemeinde Wachtberg). Aus Rheinland-Pfalz gelangt zusätzlich das Abwasser von Teilen der Gemeinde Grafschaft und der Ortslage Kalenborn (Verbandsgemeinde Altenahr) in das Klärwerk.

Von 1989 bis Ende 1996 wurde das Reinigungsverfahren der Kläranlage Flerzheim durch Bau von Vor- und Simultanfällungsanlagen und durch Erweiterung der im Jahre 1969 errichteten Anlage an die verschärften Qualitätsanforderungen des 1987 erstellten Bewirtschaftungsplans Swist angepaßt und optimiert. Der Erftverband übernahm im Jahre 1993 gemäß des Landeswassergesetzes NRW die Abwasserbeseitigungspflicht und

damit auch die Verantwortung für die 1992 begonnenen Baumaßnahmen für Flockungsfiltration, Nachnitritifikation, Belebungs- und Nachklärbecken [30].

Die an das Gruppenklärwerk Flerzheim angeschlossenen Flächen sind zum größten Teil Wohngebiete, die im Mischsystem entwässert werden. Das Gewerbe- und Industriegebiet der Stadt Meckenheim (Industriepark Kottenforst) wird im Trennsystem entwässert. Über Tankwagen erhält die Anlage außerdem Abwässer aus Metallindustrie (Galvanik-Abwässer) und Öl- und Seifenindustrie aus Bad Münstereifel.

Das im Einzugsgebiet der Kläranlage Flerzheim anfallende Abwasser wird in einer mechanischen und zwei biologischen Klärstufen gereinigt (Abb. 7). Die mechanische Reinigung über Rechen und Sandfang dient der Eliminierung grober Stoffe und mineralischer Bestandteile und führt im Vorklärbecken schließlich zum Absetzen der verbliebenen ungelösten Stoffe.

Die biologische Reinigungsstufe des GWK Flerzheim umfaßt eine Verfahrenskombination aus Belebungsbecken, Festbettreaktor und Filtration. Nach der biologischen Phosphoreliminierung erfolgt die vorgeschaltete Denitrifikation, in der zufließendes Abwasser, Rücklaufschlamm und nitrathaltiger belebter Schlamm in einem ersten Beckenteil unter anoxischen Bedingungen gemischt werden [8]. Danach schließt sich die Nitrifikation in vier Belebungsbecken an, in denen zusätzlich eine chemische P-Eliminierung durch Fällung stattfindet. Die Nachklärung trennt das Wasser vom Belebtschlamm und den Rückständen der chemischen Fällung. Um den Anforderungen an die erweiterte Reinigungsleistung gerecht zu werden (siehe Abwasserrechtlicher Erlaubnisbescheid der Kläranlage Rheinbach-Flerzheim 1991), folgen nun zwei weitere Reinigungsschritte: Das Festbettreaktorverfahren verringert den verbliebenen Ammoniumgehalt, und der Flockungsfilter reduziert abschließend die abfiltrierbaren Stoffe, CSB und den Phosphoranteil [30].

Der bei der Reinigung des Abwassers entstehende Schlamm wird in einem Voreindicker eingedickt, in den Faultürmen anaerob stabilisiert und schließlich im Nacheindicker zum Teil für die Landwirtschaft nutzbar gemacht oder der Schlamm entwässert und anschließend verbrannt. Das in den Faultürmen entstehende Gas wird in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung genutzt und auf diesem Wege für die Betriebsgebäude und Faulbehälter als Energieressource verwendet.

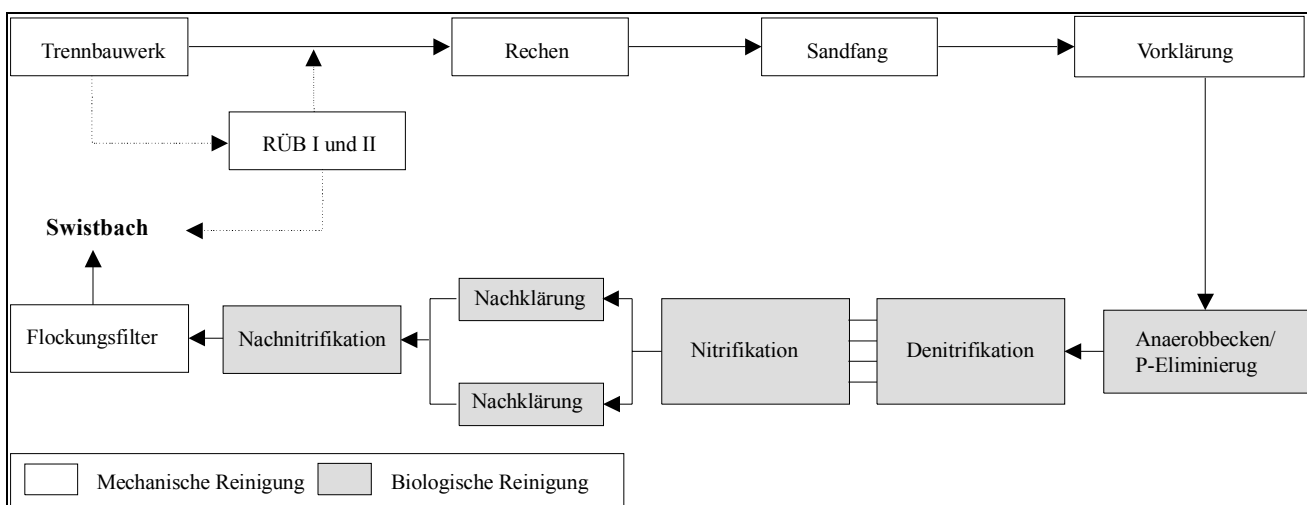


Abb. 7: Fließschema der Kläranlage Flerzheim

3.5.5 Regenüberlaufbecken auf dem Gelände der Kläranlage Flerzheim

Auf dem Gelände der Kläranlage Flerzheim befinden sich zwei Regenüberlaufbecken (RÜB) mit unterschiedlicher Speicherkapazität. Regenüberlaufbecken I (RÜB I) hat ein Speichervolumen von 2.500 m³, das seit Januar 2000 in Betrieb befindliche RÜB II hat ein Speichervolumen von 7.500 m³. Bei Regenfällen füllt sich zuerst RÜB I, wenn dieses seine Speicherkapazität erreicht hat, füllt sich RÜB II. Hat RÜB II ebenfalls seine Speicherkapazität erreicht, erfolgt der Abschlag des grob mechanisch gereinigten Wassers in die Swist. Der Abschlag erfolgt aus beiden Becken parallel, um die Durchflußgeschwindigkeit bzw. die Kantenbeschickung so gering wie möglich zu halten.

Das RÜB I hat im Jahr 1999 insgesamt 30 mal und im Jahr 2000 insgesamt 260 mal in die Swist abgeschlagen. Die Anzahl und Dauer der Abschlüge des RÜB I für den Untersuchungszeitraum können der Tabelle 2 entnommen werden. Abschlagsmengen und die Dauer der einzelnen Abschlüge konnten aus den zur Verfügung stehenden Daten leider nicht ermittelt werden. Die fehlenden Zeitangaben für den Juli und August 2000 resultieren aus einem Defekt des Schreibers.

Tabelle 2: Abschlüge des RÜB I der Kläranlage Flerzheim im Untersuchungszeitraum

Abschlag RÜB I	Sep. 1999	Okt. 1999	Nov. 1999	Dez. 1999	Jan. 2000	Feb. 2000	Mrz. 2000	Apr. 2000	Mai. 2000	Jun. 2000	Jul. 2000	Aug. 2000	Sep. 2000	Okt. 2000
Anzahl	2	2	3	12	-	-	-	-	-	-	127	4	2	127
Dauer [h]	1	12	6	19	-	-	-	-	-	-	-	-	30	15

Quelle: Erftverband

3.5.6 Kläranlage Rheinbach

Die Kläranlage Rheinbach reinigt das Abwasser von ca. 15.000 Einwohnern (Industrie- und Gewerbeanteil ausgenommen) der Stadt Rheinbach, der Ortslagen Merzbach, Klein- u. Großschlebach, Neukirchen, Irlenbusch, Oberdrees und Peppenhoven. Mit 22.000 Einwohnergleichwerten und einem Anlagevolumen von 13.000 m³ ist sie die zweitgrößte Anlage im Swist-Einzugsgebiet. Das kommunale Abwasser wird in einem Mischsystem zur Kläranlage geleitet, das industrielle Schmutzwasser eines Gewerbegebietes im nordöstlichen Teil der Stadt Rheinbach in einem Trennsystem. Nach Abschluß von Bau- und Erweiterungsmaßnahmen ist der Anschluß der Ortslagen Niederdrees und Todenfeld geplant, deren Kläranlagen in Zukunft außer Betrieb genommen werden.

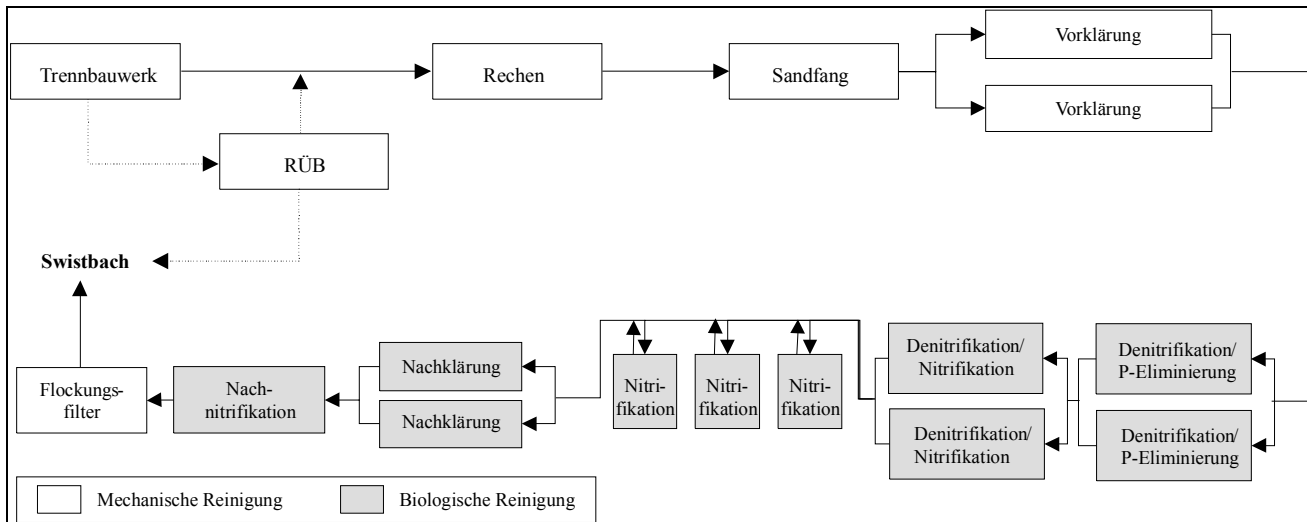


Abb. 8: Fließschema der Kläranlage Rheinbach

Die Anwendung der Verfahrenskombination Belebung, Festbettreaktor und Filtration läßt Parallelen zur Kläranlage Florzheim erkennen, deren Anlagevolumen allerdings doppelt so groß ist. In beiden Fällen folgen auf eine mechanische Reinigung zwei biologische Reinigungsstufen und eine Filtration.

Die mechanische Reinigung führt über Rechen und Sandfang zur Eliminierung grober Stoffe und mineralischer Bestandteile sowie im Vorklärbecken schließlich zum Absetzen der verbliebenen ungelösten Stoffe. In der ersten biologischen Reinigungsstufe beginnt die biologische Phosphoreliminierung simultan mit der vorgeschalteten Denitrifikation, in der nitrathaltiger belebter Schlamm und das Schmutzwasser ohne Sauerstoffeintrag bei anoxischen Bedingungen gemischt werden. Darüber hinaus wird Eisen(III)chlorid für eine zusätzliche chemische Phosphoreliminierung zugeführt. Danach gelangt das Abwasser in ein zweistraßiges Belebungsbecken mit simultaner Nitrifikation und Denitrifikation, in dem sich sauerstoffreiche und anoxische Zonen räumlich und zeitlich abwechseln. Vor der Trennung von Wasser und Belebtschlamm im Nachklärbecken, werden verbliebenes Ammonium und Nitrit in drei über eine Verteilrinne verbundene Belebungsbecken zu Nitrat oxidiert. Im zweiten Teil der biologischen Reinigungsstufe wird das verbliebene Ammonium im Festbettreaktor reduziert. Bevor das gereinigte Wasser in den Wallbach eingeleitet wird, findet analog zur Kläranlage Florzheim eine Flockungsfiltration statt.

3.5.7 Kläranlage Miel

Die Kläranlage Miel, westlich der Ortslage Miel gelegen, entsorgt das kommunale Schmutzwasser von rund 10.000 Einwohnern des südlichen Teils der Gemeinde Swisttal mit den Ortslagen Buschhoven, Morenhoven, Miel, Ludendorf, Essig und Odendorf (Karte F). Mit einem Anlagevolumen von 5.667 m³ ist die Kläranlage Miel für 11.000 Einwohnergleichwerte und einen jährlichen Abwasseranfall von 721.000 m³ ausgelegt [29]. Der Abwasserzufluß zur Kläranlage erfolgt in einem Mischsystem zusammen mit dem Niederschlagswasser. Die mechanische Reinigungsstufe mit der Entfernung grober Stoffe und mineralischer Bestandteile erfolgt durch Siebrechen, Sandfang und anschließendes Absetzen im Vorklärbecken. In dem biologischen Hauptreinigungsprozeß wird ein zweistraßiges Belebungsverfahren mit einem nachgeschalteten Schwachlasttropfkör-

per kombiniert. Sowohl die biologische Phosphorelimination als auch die Simultanfällung finden im Belebungsbecken mit vorgeschalteter Denitrifikation statt. Bevor die weitere Behandlung des Abwassers im Tropfkörper erfolgt, müssen in einer Zwischenklärung nochmals ungelöste Stoffe sedimentieren, um Verstopfungen zu vermeiden. Die Klärschlämme der Anlage werden einer anaeroben Behandlung unterzogen und im Anschluß an eine statische Nacheindickung u. Zwischenspeicherung mechanisch entwässert und thermisch verwertet.

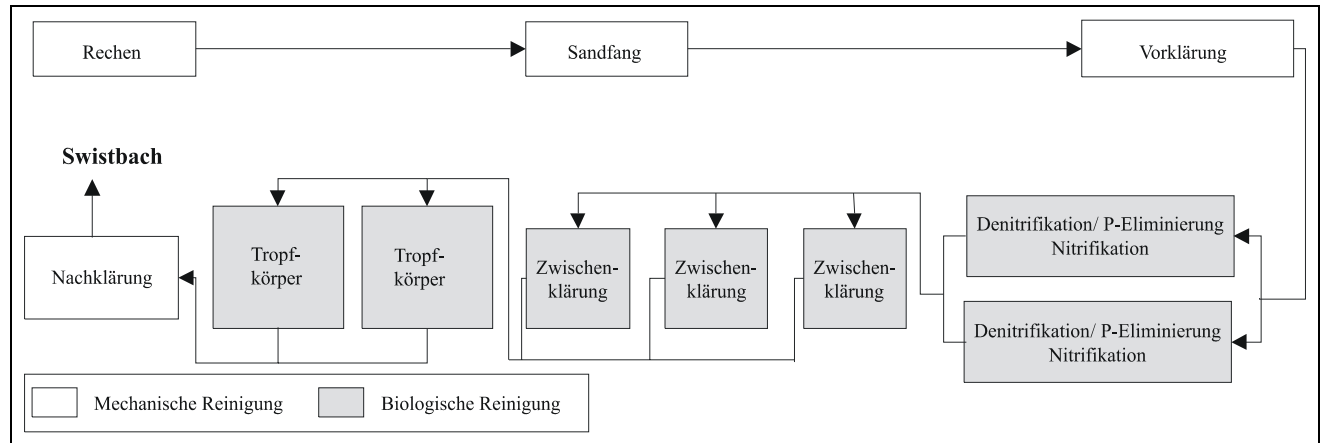


Abb. 9: Fließschema der Kläranlage Miel

3.5.8 Kläranlage Loch

Die Kläranlage Loch ist ausgelegt mit 850 Einwohnergleichwerten für ein Einzugsgebiet von 0,35 km². Sie behandelt das Abwasser im Südwesten der Kommune Rheinbach und zwar der Ortstagen Loch, Queckenberg, Sürst und Hardt. Das kommunale Schmutzwasser der ca. 800 Einwohner [29] wird im Mischsystem zur Kläranlage geleitet. Im Falle erhöhter Niederschläge staut sich das Mischwasser in einem Kanalstauraum vor der Kläranlage, aus dem bei Überlauf grob mechanisch gereinigtes Abwasser in den Schiefelsbach abgeschlagen wird. Auf der Kläranlage werden die Abwässer zunächst durch Rechen und Sandfang grob mechanisch gereinigt. Der Hauptreinigungsprozeß findet in einer Kompaktanlage statt, d.h. Belebungs- und Nachklärung sind in einem Bauwerk vereinigt, nach dem gleichen Schema, wie in Hilberath. Das gereinigte Abwasser wird in den Schiefelsbach eingeleitet, der schließlich in die Swist mündet.

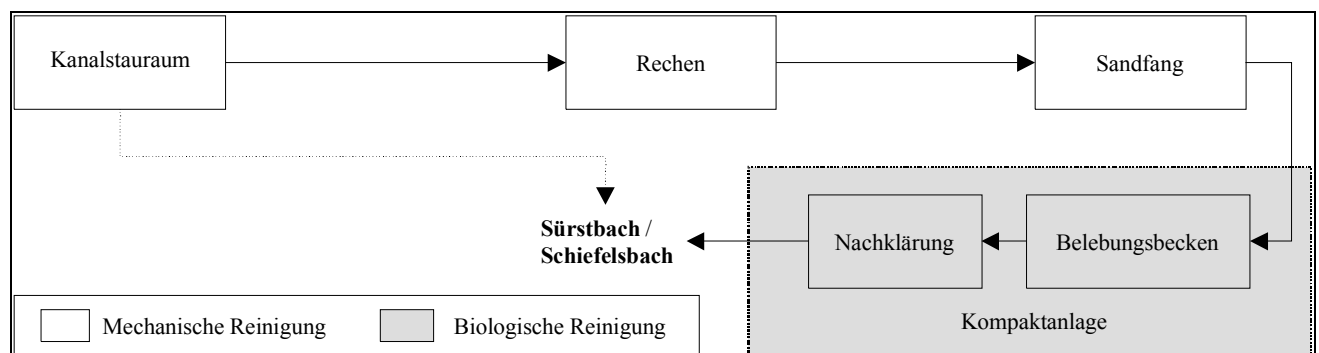


Abb. 10: Fließschema der Kläranlage Loch

3.5.9 Kläranlage Heimerzheim

Die Kläranlage Heimerzheim ist für die Abwasserbehandlung der Ortslagen im nördlichen Bereich der Gemeinde Swisttal zuständig. Das kommunale Schmutzwasser des Ortsteils Heimerzheim sowie der Ortslagen Straßfeld, Dünstekoven und Ollheim (Karte F) wird in einem Mischsystem zusammen mit dem Niederschlagswasser abgeleitet, das industrielle Schmutzwasser im nördlichen Teil von Heimerzheim in einem Trennsystem. Daraus ergibt sich eine Bemessungsgrundlage von 10.700 Einwohnergleichwerten (EGW) bei einem Anlagevolumen von 5.446 m³.

Die Verfahrenstechnik der Kläranlage Heimerzheim ist durch eine mechanische und eine biologische Reinigungsstufe gekennzeichnet. Nach Entfernung grober und mineralischer Bestandteile durch Feinrechen, Sandfang und Absetzbecken folgt die biologische Hauptreinigung mit vermehrter Phosphorelimination, Simultanfällung und weitgehender Stickstoffelimination nach dem Belebtschlammverfahren mit vorgeschalteter Denitrifikation sowie anschließender Zwischenklärung im Sedimentationsbecken. Eine zusätzliche Abbauleistung wird im sich anschließenden Tropfkörper erreicht, in dem ständig Teile des wachsenden biologischen Rasens ausgespült werden und im Nachklärbecken sedimentieren. Die anfallenden Klärschlämme werden einer anaeroben Behandlung (Faulung) unterzogen und im Anschluß an eine statische Nacheindickung und Zwischenspeicherung als Düngemittel zur landwirtschaftlichen Verwertung abgegeben.

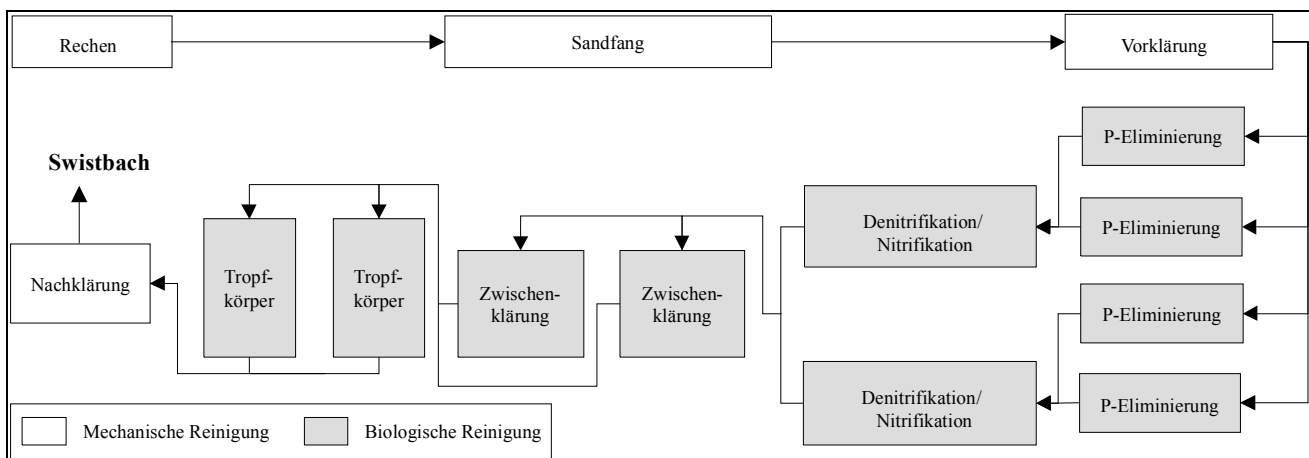
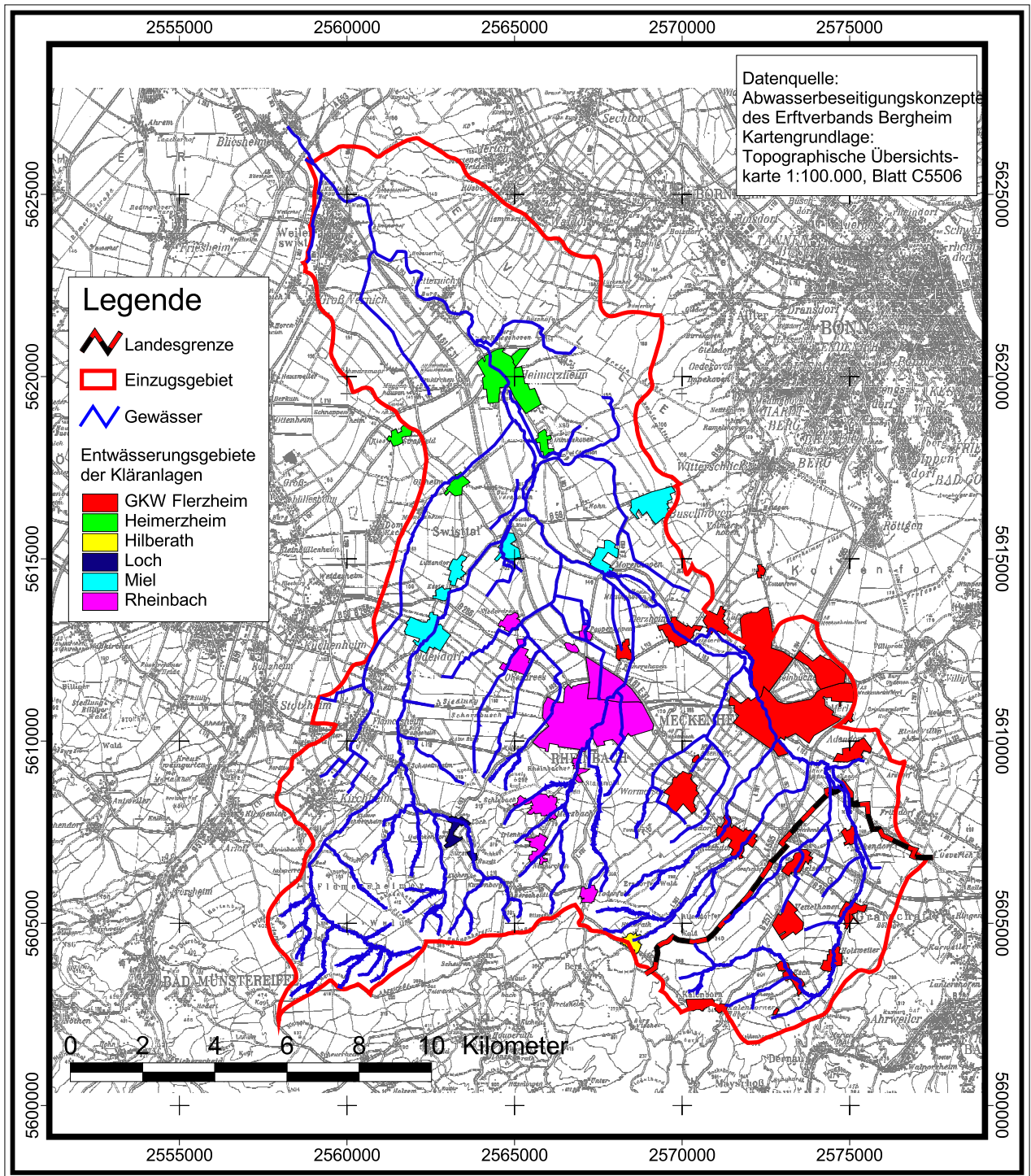


Abb. 11: Fließschema der Kläranlage Heimerzheim



Karte F: Entwässerungsgebiete der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist

4 Untersuchungsstellen und Methoden

4.1 Probenahmepunkte an den Gewässern

Tabelle 3: Übersicht über die Probenahmepunkte an Gewässern

Nr.	Einzugsgebiet	Bezeichnung der Probenahmestelle	Gewässer	Lage des Probenahmepunktes
1	Obernautalsperre	Nauholzbach Pegel	Nauholzbach	am Pegel Nauholzbach, vor Einmündung der Siegbeileitung
2	Wahnachtalsperre	Wahnbach Pegel	Wahnbach	am Pegel Neunkirchen 1
3	Kalltalsperre	Entenpfuhl	Kall	Unterhalb der B 258 unmittelbar an der Staatsgrenze zu Belgien
4	Kalltalsperre	Hoscheit	Kall	Kurz unterhalb Einmündung eines Grabens, der von der Siedlung Hoscheit kommt
5	Kalltalsperre	Bruchgraben	Bruchgraben, rechter Zufluß zur Kall	Oberhalb der Simmerather Mühle, unterhalb von Simmerath
6	Kalltalsperre	Fischbach	Fischbach, rechter Zufluß der Kall	An der B 399, kurz vor Mündung des Baches in die Kall
7	Kalltalsperre	Kall vor Paustenbach	Kall	kurz oberhalb der Mündung des Paustenbaches
8	Kalltalsperre	Paustenbach	Paustenbach	an der B 399, kurz vor der Einmündung in die Kall
9	Kalltalsperre	Roßbach	Roßbach	an der K 20 unterhalb des Regenüberlaufbeckens Rollesbroich
10	Kalltalsperre	Kall Pegel	Kall	am Pegel Kall oberhalb Einmündung der Kall in die Talsperre
11	Kalltalsperre	Domäne Drainage	Graben unterhalb der Domäne, linker Zufluß zum Keltzerbach	Beginn des Hauptabflußgrabens zum Keltzerbach
12	Kalltalsperre	Keltzerbach linker Arm	Keltzerbach	am Pumpwerk (ehemalige KA) nordöstlich der Siedlung Lammersdorf
13	Kalltalsperre	Keltzerbach	Keltzerbach	Unmittelbar vor Einmündung des Baches in die Kalltalsperre
14	Swist	oberhalb Holzweiler (Esch)	Swist	Zwischen Holzweiler und Esch oberhalb Brücke
15	Swist	oberhalb Kläranlage Flerzheim	Swist	Oberhalb der Ortslage Flerzheim an Feldwegbrücke
16	Swist	oberhalb Kläranlage Loch	Schiefelsbach	Zwischen Ortslage Loch und der Kläranlage
17	Swist	unterhalb Kläranlage Loch	Schiefelsbach	Feldwegbrücke über Schiefelsbach unterhalb der Kläranlage Loch
18	Swist	unterhalb Kläranlage Flerzheim	Swist	Auf freier Feldflur nördlich der Ortschaft Flerzheim
19	Swist	an Kreisstraße 52	Wallbach	Brücke oberhalb der Mündung in Swist
20	Swist	unterhalb Kläranlage Miel, oberhalb B56	Swist	Westlich der Ortslage Miel nahe der B56
21	Swist	oberhalb Kläranlage Heimerzheim	Swist	Oberhalb der Kläranlage Heimerzheim unmittelbar an der Ortslage Dünstekoven
22	Swist	unterhalb Kläranlage Heimerzheim	Swist	Unterhalb der Kläranlage Heimerzheim auf der Feldflur

Neben Aspekten der zu erwartenden Ergebnisqualität spielten vor allem praxisorientierte Überlegungen bei der Auswahl der Probenahmepunkte eine wesentliche Rolle. Folgende Anforderungen mußten erfüllt werden:

- In jedem Einzugsgebiet mußte mindestens eine Probenahmestelle möglichst am Ende des Gewässers, bzw. vor der Mündung in ein stehendes Gewässer vorhanden sein, um Aussagen über den mikrobiellen Gesamteintrag der Vorfluter treffen zu können;
- ganzjährige Erreichbarkeit mit Probenahmefahrzeugen;
- Verfügbarkeit von Abflußdaten an den Pegel-Probenahmestellen oder in unmittelbarer Nähe.

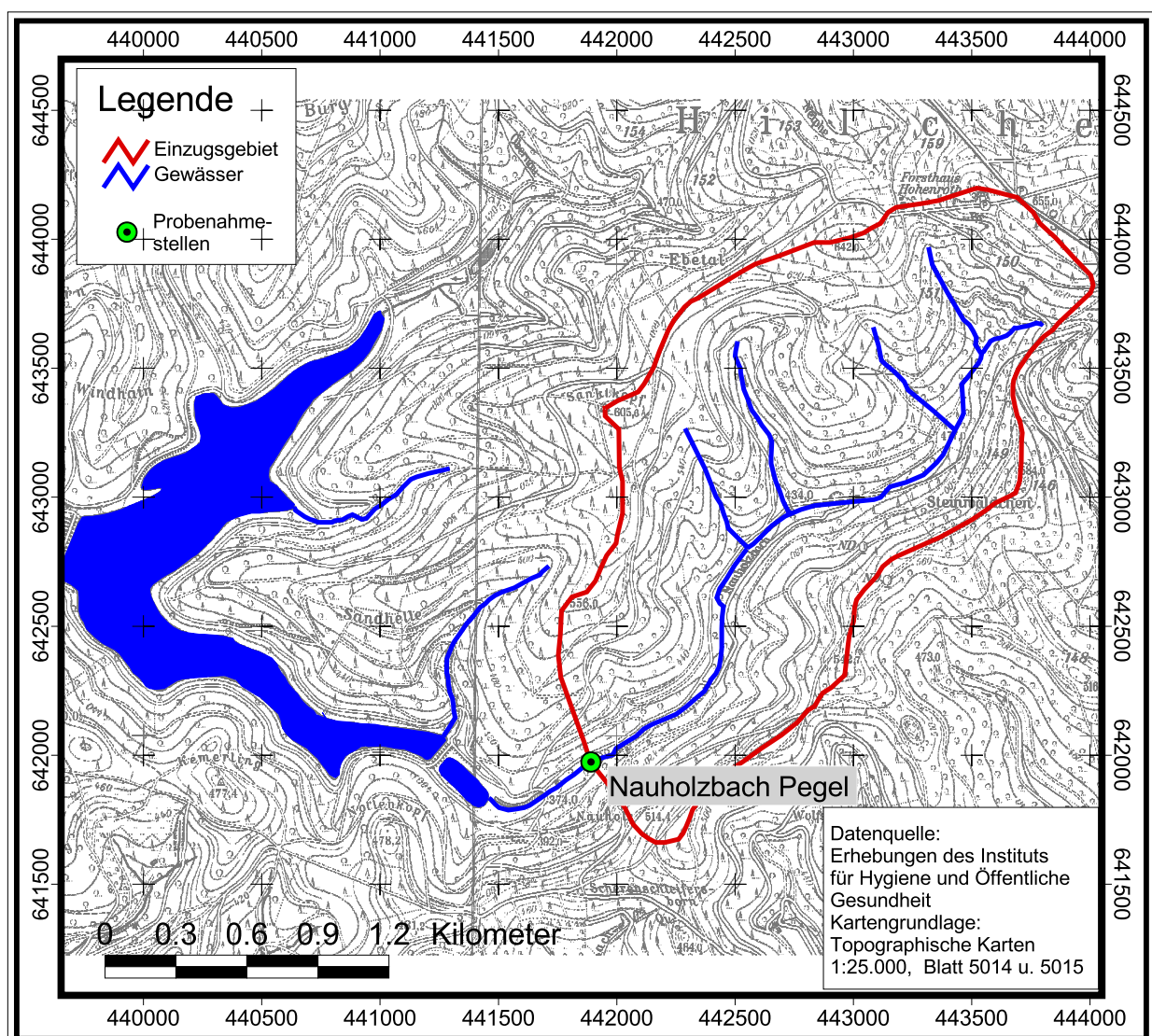
Diese Kriterien waren bestimmungsgemäß an den vorhandenen Pegelstellen der untersuchten Fließgewässer immer gegeben. Auch die im Gewässernetz von Kall und Swist ausgewählten Stellen entsprachen diesen Kriterien.

Im Folgenden werden die Probenahmestellen im Einzelnen kurz vorgestellt:

4.1.1 Nauholzbach Pegel (P1)

Hochwert: 5641900 Rechtswert: 3441875

Die Probenahmestelle liegt vor der Vorsperre Nauholzbach auf 376 m ü. NN am Austritt des Baches aus dem bewaldeten Tal in die waldfreie Talsperrenrandzone. Im Bereich des Pegelhauses ist das Ufer beiderseits des Baches über ca. 10 m mit Beton und Steinen befestigt.

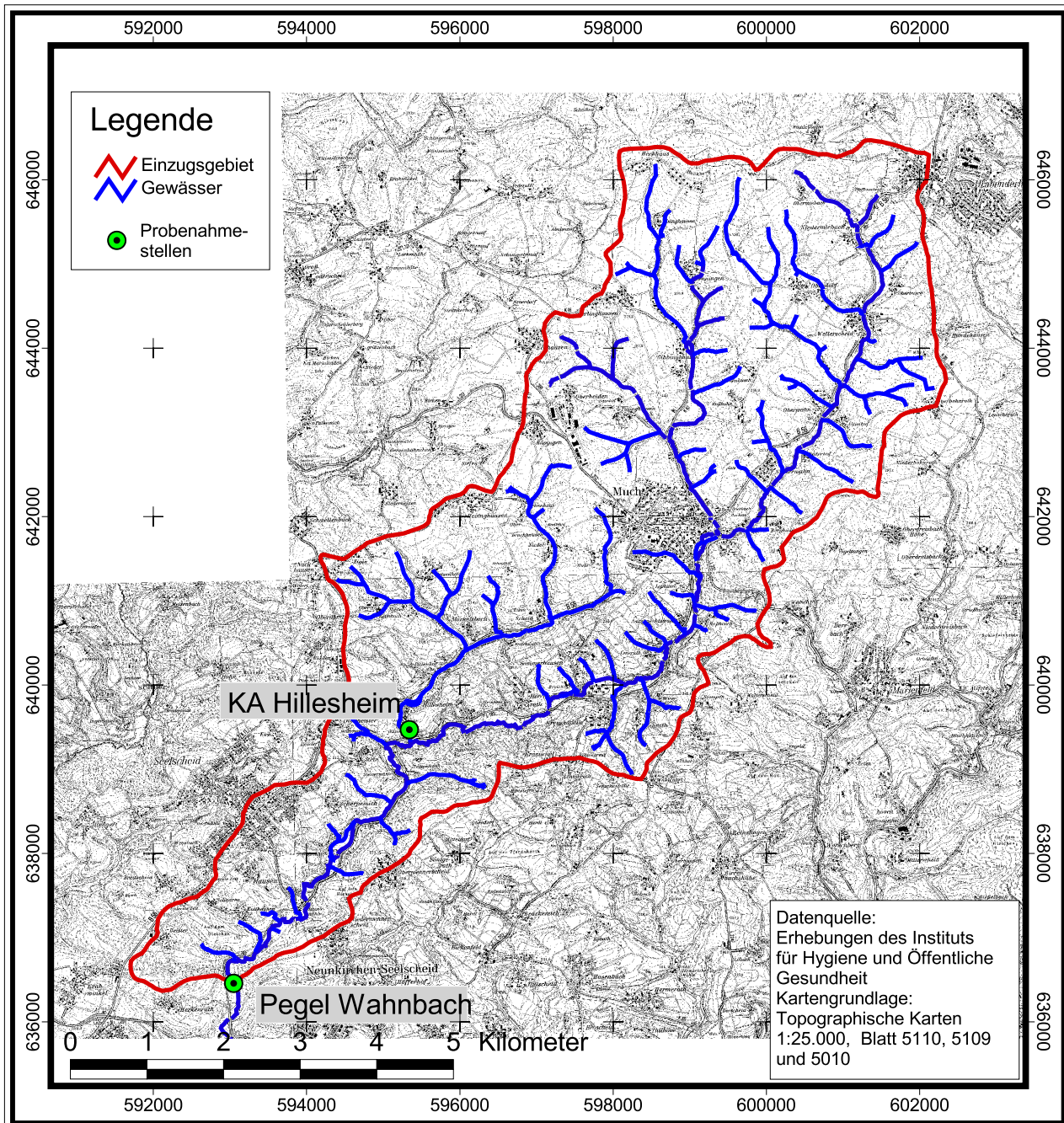


Karte G: Einzugsgebiet Nauholzbach und Probenahmestelle

4.1.2 Wahnbach Pegel (P2)

Hochwert: 5635950 Rechtswert: 2592800

Die Probenahmestelle liegt 127 m ü. NN., am Pegelhaus auf der rechten Bachseite. Im Bereich des Pegelhauses ist das Ufer beiderseits des Baches über ca. 10 m mit Beton und Steinen befestigt. Oberhalb des Pegels ist der Bach etwa 2,5 m breit, etwa 80 m bachaufwärts ist das linke Ufer stark erodiert. Auf der rechten Seite des Ufers in unmittelbarer Nähe zum Pegel liegt eine Wiese (Mähweide), die Feuchtezeiger (Binsengewächse) aufweist; die linke Seite ist mit Nadelwald bestanden.

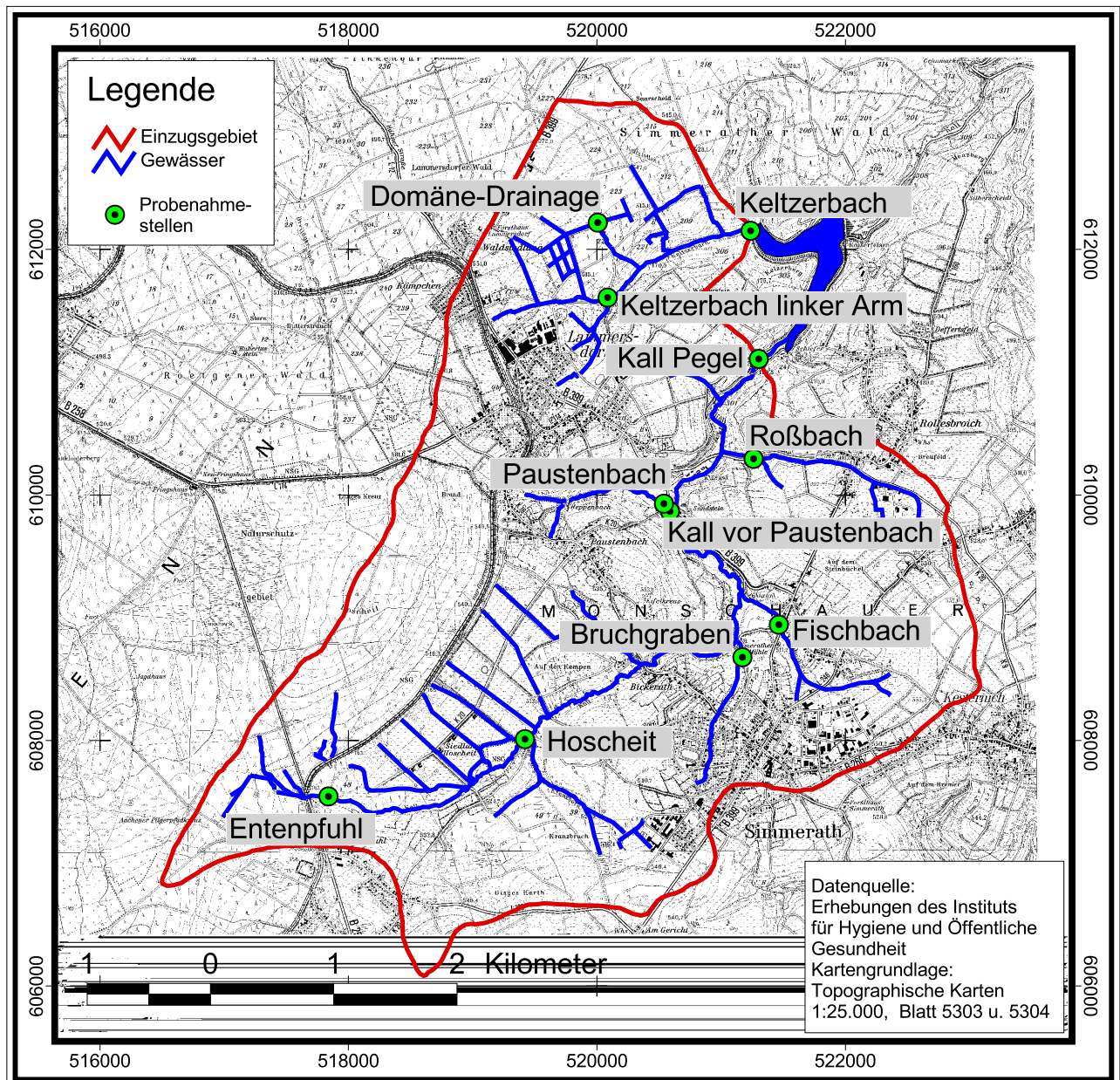


Karte H: Einzugsgebiet Wahnbach und Probenahmestellen Pegel und KA Hillesheim

4.1.3 Kall Pegel (P10)

Hochwert: 5611150 Rechtswert: 2521350

Die Probenahmestelle liegt etwa 400 m oberhalb der Stauwurzel der Kalltalsperre im Kerbtal der Kall. Der Bach ist an dieser Stelle vor einem Wehr in einer Betonrinne gefaßt. Zur Probenahme wurde ein horizontal über das Gerinne ausfahrbares Rohr angebracht, mit dessen Hilfe eine Probenahme aus der Mitte der Betonrinne realisiert werden konnte. Die Probenahmestelle liegt unter Wald.



Karte I: Einzugsgebiet Kall und Probenahmestellen

4.1.4 Probenahmepunkte im Einzugsgebiet der Kalltalsperre

Die Auswahl weiterer Probenahmepunkte im Einzugsgebiet der Kall erfolgte unter dem Gesichtspunkt, den Einfluß unterschiedlicher geoökologischer Bedingungen des jeweiligen Teileinzugsbereiches differenziert zu erfassen. Darüber hinaus sollte eine Verteilung von Probenahmestellen im gesamten Einzugsgebiet einen ori-

entierenden Eindruck vom Längsprofil des Gewässers geben. Das Regenüberlaufbecken Rollesbroich sollte im Falle eines Regenüberlaufs beprobt werden.

4.1.4.1 Entenpfuhl (P3)

Hochwert: 5607575 Rechtswert: 2517725

Die Probenahmestelle befindet sich in weidewirtschaftlich genutztem Gebiet. Ein Zaun trennt das linke Ufer des Bachs von der Weide, das rechte ist dem Vieh leicht zugänglich. Unmittelbar oberhalb der Probenahmestelle fällt in einem Rohrdurchlaß eine orangefarbene Ausfällung auf. Oberhalb der Probenahmestelle wachsen etwa 5-10 Jahre alte Birken.

4.1.4.2 Hoscheit (P4)

Hochwert: 5607950 Rechtswert: 2519375

Diese Entnahmestelle liegt an einem Hochmoor-Naturschutzgebiet. Der Uferbereich ist mit Hochgras bedeckt. Eine Weide endet in etwa 10 m Entfernung.

4.1.4.3 Bruchgraben (P5)

Hochwert: 5608650 Rechtswert: 2521175

Das Wasser dieser Probenahmestelle wird aus einem naturnahen Gewässer entnommen, welches aus der westlichen Siedlungsfläche von Simmerath entspringt und unterhalb der Ortslage noch durch eine Wiese verläuft. Üppiger Brennesselbestand weist auf eutrophe Verhältnisse hin. In etwa 10 m Entfernung findet man eine Weide.

4.1.4.4 Fischbach (P6)

Hochwert: 5608935 Rechtswert: 2521469

Die Probenahmestelle liegt unterhalb der B 399. Der Bach, welcher aus dem gewerblich geprägten Bereich östlich von Simmerath entwässert, wird an der Probenahmestelle in einem Graben neben der Straße zur Simmerather Mühle geführt.

4.1.4.5 Kall vor Paustenbach (P7)

Hochwert: 5609896 Rechtswert: 2520575

Die Probenahmestelle liegt unmittelbar vor der Einmündung des Paustenbaches und dem Durchlaß des Gewässers unter der B 399. Oberhalb der Probenahmestelle durchläuft die Kall auf einer Fließstrecke von mehreren hundert Metern eine naturnahe Niederung mit extensiver Nutzung. In diesem Bereich leben Biber.

4.1.4.6 Paustenbach (P8)

Hochwert: 5609925 Rechtswert: 2520575

Die Probenahmestelle liegt an der B 399. Zwischen dichten Hochgräsern findet man Erlen und Weiden.

4.1.4.7 Roßbach (P9)

Hochwert: 5610321 Rechtswert: 2521262

Die Probenahmestelle liegt beim Regenüberlaufbecken Rollesbroich. Dieses konnte im Untersuchungszeitraum nicht beprobt werden, da es kein Niederschlagsereignis gab, welches geeignet war, einen Abschlag von Mischwasser auszulösen. Der Bach entspringt im Bereich des neuangelegten Gewerbegebietes Rollesbroich und wird grabenartig parallel zur Kreisstraße K 20 der Kall zugeführt.

4.1.4.8 Domäne Drainage (P11)

Hochwert: 5612275 Rechtswert: 2519975

Die Probenahmestelle befindet sich an einer Wegkreuzung unterhalb der am Ortsrand von Lammersdorf liegenden Domäne. Das Wasser kommt aus zwei Drainagen und fließt unterirdisch in ein Betonrohr ab.

4.1.4.9 Keltzerbach linker Arm (P12)

Hochwert: 5611652 Rechtswert: 2520040

Diese Probenahmestelle erfaßt den Arm des Keltzerbaches, welcher die Ortslage Lammersdorf entwässert. Sie liegt kurz vor dem Zusammenfluß der beiden Bacharme an der ehemaligen Kläranlage Lammersdorf, die jetzt als Pumpstation dient.

4.1.4.10 Keltzerbach (P13)

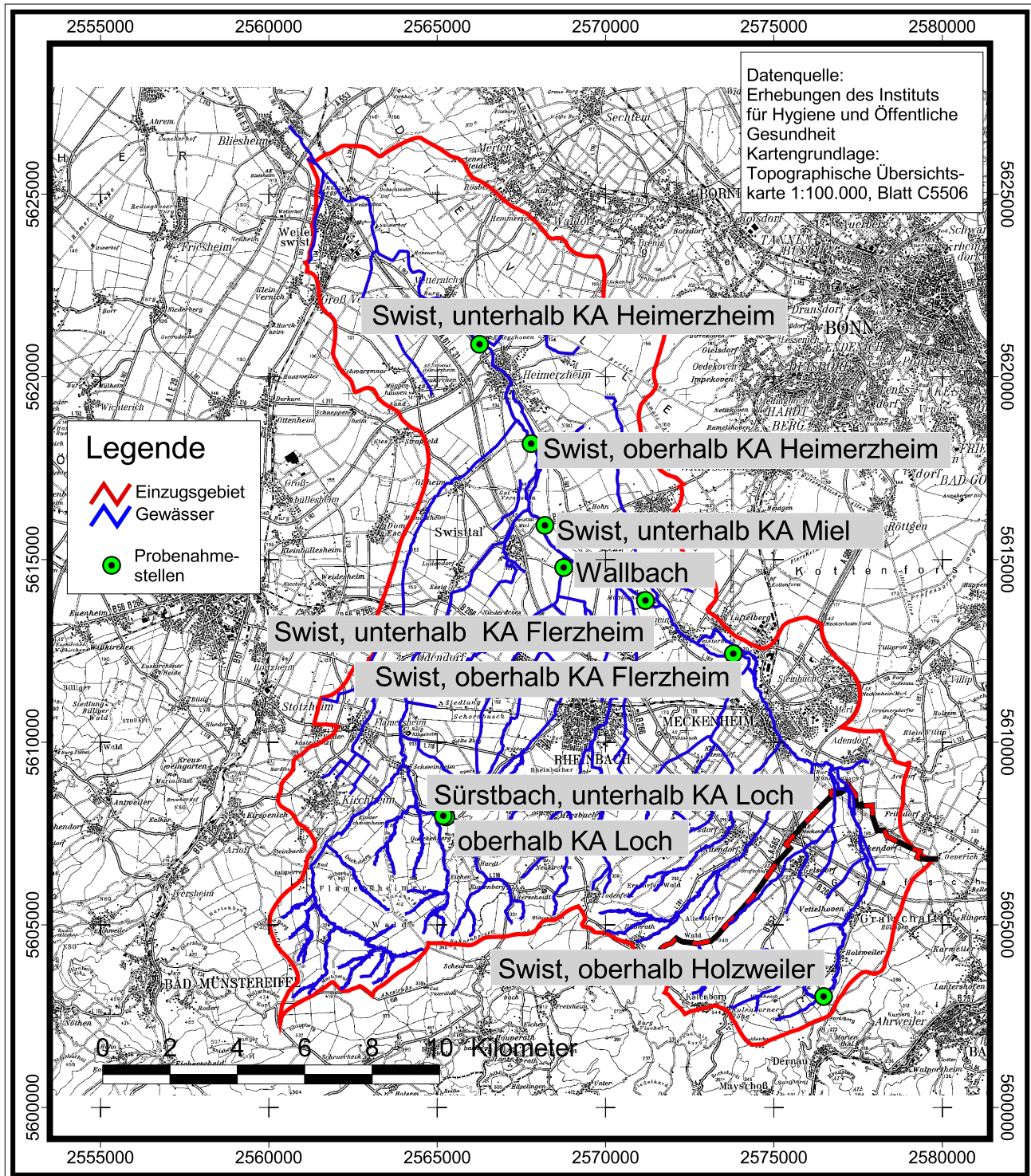
Hochwert: 5612175 Rechtswert: 2521225

Die Probenahmestelle liegt kurz vor der Mündung des Keltzerbaches in die Kalltalsperre. Die Breite des Baches beträgt hier 3-4 m. Die Probenahmestelle liegt unter dichtem Nadelwald. Am Prallhang des Baches steht Schiefergestein an.

4.1.5 Probenahmepunkte im Einzugsgebiet der Swist

Die Auswahl der Probenahmepunkte im Einzugsgebiet der Swist erfolgte vor allem unter dem Gesichtspunkt, den Einfluß von Siedlungsabwässern auf die Gewässerqualität zu erfassen. Darüber hinaus waren hier wie im Einzugsgebiet der Kall unterschiedliche geoökologische Bedingungen des jeweiligen Teileinzugsbereiches entscheidend für die Stellenauswahl. Im Einzugsgebiet der Swist sollte mit den im Gewässernetz verteilten Entnahmestellen ein orientierender Eindruck der Veränderungen durch unterschiedliche Siedlungseinflüsse im Einzugsgebiet entstehen. Die Beprobungen der Kläranlagen im Einzugsgebiet ermöglichte eine Abschätzung der Rolle von regelhaften Einleitungen auf die parasitologische Qualität der Gewässer.

Die Lage der Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist ist auf Karte J dargestellt.



Karte J: Einzugsgebiet Swist mit Probenahmestellen

4.1.5.1 Swist, oberhalb Holzweiler (Esch) (P14)

Hochwert: 5602063 Rechtswert: 2574083

Die Probenahmestelle befindet sich etwa 5 km unterhalb der Quelle der Swist und unterhalb der Ortslage Esch auf freier Feldflur mit Ackerbau und Grünlandnutzung. Das Gewässerprofil ist überwiegend flach mit unregelmäßigen und buchtenreichen Uferböschungen und teilweise durch naturnahe Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen beeinträchtigt. An einem mit Sediment bedeckten Durchlaß ist die Uferstruktur kurzfristig durch die Fixierung der Uferböschungen unterbrochen. Beide Ufer sind mit hauptsächlich bodenständigen Ufergehölzen bestanden.



Foto 3: Probenahmestelle P14

4.1.5.2 Swist, oberhalb Kläranlage Flerzheim (P15)

Hochwert: 5612262 Rechtswert: 2571402

Die Probenahmestelle befindet sich südöstlich der Ortslage Flerzheim in der siedlungsnahen Feldflur oberhalb der Kläranlage. Acker- und Gartenbau dominieren das Landschaftsbild. Das Gewässerbett ist durch Ufererosion geprägt, mit steilen Böschungen an den Prallufem. An beiden Ufern stehen geschlossene Baumreihen aus Erlen und Weiden. Der geschwungene Verlauf des Gewässers deutet auf eine geringe anthropogene Beeinträchtigung der Gewässermorphologie hin.

4.1.5.3 Schiefelsbach, oberhalb Kläranlage Loch (P16)

Hochwert: 5607405 Rechtswert: 2562869

Die Probenahmestelle befindet sich ca. 20 Meter oberhalb der Kläranlage Loch. Das Gewässervorland wird auf der linken Seite bis unmittelbar an das Gewässerbett als Weideland genutzt, weshalb stellenweise Schäden durch Viehtritt auftreten (Foto 7, 8, Seite 138).



Foto 4: Probestelle P16

Das Gewässerbett ist relativ einförmig und im Querprofil nahezu rechteckig. Die Uferböschungen sind durch Ufererosion geprägt.

Stellenweiser Ufer- und Sohlenverbau durch Steinschüttungen verhindert eine naturnahe Gewässermorphologie, ebenso ein künstlicher Absturz. Das Ufer ist mit einer einfachen Reihe Schwarzpappeln bestockt. Auf der rechten Seite verläuft gewässerparallel ein Wirtschaftsweg.

4.1.5.4 Schiefelsbach, unterhalb Kläranlage Loch (P17)

Hochwert: 5607440 Rechtswert: 2562792

Die Probenahmestelle befindet sich unterhalb der Kläranlage Loch. Das Umland auf der linken Seite wird unmittelbar bis an das Gewässerbett als Intensivweideland genutzt. Direkt oberhalb der Probenahmestelle befindet sich gegenüber der Kläranlageneinleitung eine Viehtränke im Bach. Die Uferböschungen sind zu beiden

Seiten überwiegend steilwandig, wobei Ufer- und Sohlenverbau durch Steinschüttungen das Gewässer an der Ausbildung einer natürlichen Gewässermorphologie hindern. Das linke Ufer ist mit einzeln stehenden Schwarzerlen und Weiden oder bodenständigen Sträuchern bestockt. Auf der rechten Seite verläuft gewässerparallel ein Wirtschaftsweg.

4.1.5.5 Swist, unterhalb Kläranlage Flerzheim (P18)

Hochwert: 5613845 Rechtswert: 2568794

Die Probenahmestelle liegt nördlich der Ortslage Flerzheim in freier Feldflur unterhalb der Kläranlage Flerzheim. Sowohl Acker- und Gartenbau als auch Grünlandnutzung schließen sich an den Uferstreifen rechts bzw. den gewässerparallelen Wirtschaftsweg links an. Das Gewässerbett besitzt überwiegend ein künstliches trapezförmiges Querprofil mit einheitlichen Böschungen, das durch beidseitige Steinschüttung und künstliche Sohlendeckwerke befestigt ist. Der Gewässerlauf ist weitgehend begradigt. Querbauwerke aus Steinsatz haben eine zusätzliche Barrierewirkung für den Geschiebetransport. Das Ufer ist beidseitig mit Kraut- und Grasflur bewachsen.

4.1.5.6 Wallbach, Kreisstraße 52 (P19)

Hochwert: 5614828 Rechtswert: 2566366

Die Probenahmestelle liegt an einer Brücke oberhalb der Einmündung des Wallbaches in die Swist in freier Feldflur. Ackerbau (überwiegend Hackfrüchte) schließt sich unmittelbar an die beidseitig begleitenden Wirtschaftswege an. Das Gewässerbett weist überwiegend ein künstliches, trapezförmiges Querprofil mit einheitlichen, geradflächigen Böschungen auf. Der Lauf des Wallbaches ist auf der gesamten Fließstrecke begradigt, mit Befestigungen von Ufer und Sohle durch Steinschüttungen. Die Ufer sind mit einzeln stehenden Erlen, Weiden oder bodenständigen Sträuchern bewachsen.

4.1.5.7 Swist, unterhalb Kläranlage Miel, oberhalb B56 (P20)

Hochwert: 5616080 Rechtswert: 2565809

Die Probenahmestelle befindet sich unterhalb der Kläranlage Miel westlich der Ortslage Miel in unmittelbarer Nähe zur Bundesstraße B 56. Im Gewässerumfeld wird Ackerbau und Obstanbau betrieben. Parallel zum Gewässer verlaufen beidseitig Wirtschaftswege. Das Gewässerbett weist in diesem Bereich ein Trapezprofil mit einheitlichen Böschungen auf. Der Gewässerverlauf ist begradigt. Sowohl Uferverbau durch Steinschüttung als auch der Sohlenverbau durch ein künstliches Deckwerk aus Steinsatz verhindern die Ausbildung natürlicher gewässertypischer Strukturen. Die Ufer sind vereinzelt mit Weiden und Erlen bewachsen.

4.1.5.8 Swist, oberhalb Kläranlage Heimerzheim (P21)

Hochwert: 5618511 Rechtswert: 2565397

Die Probenahmestelle befindet sich in unmittelbarer Nähe der Ortslage Dünstekoven oberhalb der Kläranlage Heimerzheim an einer Brücke. Sowohl Grünlandnutzung als auch Ackerbau prägen hier das Landschaftsbild. Auch hier herrscht das künstliche Trapezprofil vor, und der Gewässerverlauf ist begradigt. Die Steinschüttung

des Uferverbau und ist zum Teil verfallen, die Sohle massiv verbaut und mit Sediment bedeckt. Das linke Ufer ist mit einzeln stehenden Schwarzerlen, Ahorn und Weiden sowie mit bodenständigen Sträuchern bestockt. Die rechte Uferseite ist wegen des Verbau frei von Ufergehölz. Beidseitig verlaufen gewässerparallel Verkehrswege.

4.1.5.9 Swist, unterhalb Kläranlage Heimerzheim (P22)

Hochwert: 5621467 Rechtswert: 2563866

Die Probenahmestelle befindet sich unterhalb der Kläranlage. Ackerbau schließt sich unmittelbar an den Uferbereich des Gewässers an. Das ehemals vorhandene Regelprofil mit erosionssicher ausgebauten Uferböschungen ist inzwischen durch Auflandungen oder Bewuchs überformt. Ufer- und Sohlenverbau durch Steinschüttung ermöglichen dem Gewässer aber nur vereinzelt eine natürliche Laufentwicklung in Form von Erosionsansätzen. Einzelne Gehölze säumen beidseitig das Ufer.

Wesentliche Merkmale der Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist sind in Tabelle 4 zusammengestellt:

Tabelle 4: Gewässerparameter an den Probenahmestellen an der Swist

PNS	Geographische Lage		Gewässertyp	Profiltyp	Gewässerbreite [m]			Mittelwassertiefe [m]
	Hochwert	Rechtswert			MW-Spiegelbreite	obere Breite	Sohlbreite	
P14	5602063	2574083	Mittelgebirge/ Auen- u. Muldentalgewässer	annähernd Naturprofil	1-5	5-10	1-2	0,1-0,3
P15	5612262	2571402	Flachland/ Kiesgewässer	Erosionsprofil/ variierend	1-5	5-10	1-2	0,1-0,3
P16	5607405	2562869	Mittelgebirge/ Auen- u. Muldentalgewässer	Erosionsprofil tief	1-5	5-10	1-2	0,1-0,3
P17	5607440	2562792	Mittelgebirge/ Auen- u. Muldentalgewässer	Erosionsprofil tief	1-5	5-10	1-2	0,3-0,5
P18	5613845	2568794	Flachland/ Kiesgewässer	Trapezprofil	1-5	10-20	1-2	0,3-0,5
P19	5614829	2566366	Flachland/ Kiesgewässer	Trapezprofil	1-5	10-20	1-2	0,3-0,5
P20	5616080	2565809	Mittelgebirge/ Auen- u. Muldentalgewässer	Trapezprofil	1-5	10-20	1-2	0,3-0,5
P21	5618511	2565397	Flachland/ Kiesgewässer	Trapezprofil	1-5	5-10	1-2	0,1-0,3
P22	5621467	2563866	Mittelgebirge/ Auen- u. Muldentalgewässer	Regelprofil/ verfallend	1-5	5-10	2-5	0,1-0,3

(Quelle: Gewässerstrukturgütekartierung des StUA Köln, Außenstelle Bonn und eigene Erhebungen)

4.2 Probenahmepunkte an den Kläranlagen

Die Aufnahme von Kläranlagen in das Untersuchungsprogramm trägt der Tatsache Rechnung, daß Einleitungen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen bekanntermaßen zu einer chemischen Belastung der Oberflächengewässer beitragen können; Ihr mikrobiologischer Einfluß wird bisher vergleichsweise selten unter-

sucht, nicht zuletzt, weil entsprechende Grenzwerte in den jeweiligen Erlaubnisbescheiden nicht festgelegt sind.

Im Einzugsgebiet der Wahnbachtalsperre wurde daher die Kläranlage Hillesheim des Aggerverbandes in das Untersuchungsprogramm aufgenommen, im Einzugsgebiet der Swist die Kläranlagen Flerzheim, Heimerzheim, Hilberath, Loch, Miel und Rheinbach. Die Wahl fiel deshalb auf so viele Anlagen im Einzugsgebiet der Swist, da hier zum Einen im Rahmen des oben genannten Bewirtschaftungsplanes Swist erhöhte Anforderungen an die Reinigung zu erfüllen sind, vor allem, was Nährstoffe anbelangt. Zum Anderen waren hier in relativ geringer Entfernung drei deutlich verschiedene Ausbauvarianten und –Größen jeweils zweimal vorhanden, so daß außer einer allgemeinen Aussage über die Belastung von Siedlungsabwässern mit Parasiten auch ein Vergleich der Reinigungsleistungen verschiedener Kläranlagentypen (s.u.) möglich wurde. Außerdem wurde auf Wunsch des Landes NRW parallel zur Kläranlage Hillesheim die Kläranlage Niederkassel beprobt, als Beispiel für eine moderne Großkläranlage. Diese Anlage leitet ihre geklärten Abwässer in den Rhein.

Tabelle 5: Übersicht über die Probenahmestellen an Kläranlagen

Nr.	Gewässer-Einzugsgebiet	Kläranlage	Bezeichnung des Probenahmepunktes	Lage des Probenahmepunktes
23	Wahnbachtalsperre	KA Hillesheim	Ablauf zum Markelsbach	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung
24	(Rhein)	KA Niederkassel	Ablauf zum Rhein	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung
25	Swist	Kläranlage Hilberath	Zulauf	Sandfang nach Grobrechen
26	Swist	Kläranlage Hilberath	Ablauf zum Altendorfer Bach	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung
27	Swist	Kläranlage Flerzheim	Zulauf	Sandfang nach Grobrechen
28	Swist	Kläranlage Flerzheim	Ablauf zur Swist	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung
29	Swist	Kläranlage Flerzheim, Ablauf RÜB II	Ablaufrinne	
30	Swist	Kläranlage Rheinbach	Zulauf	Sandfang nach Grobrechen
32	Swist	Kläranlage Miel	Zulauf	Sandfang nach Grobrechen
33	Swist	Kläranlage Miel	Ablauf zur Swist	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung
34	Swist	Kläranlage Loch	Zulauf	Sandfang nach Grobrechen
35	Swist	Kläranlage Loch	Ablauf zum Schiefelsbach	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung
36	Swist	Kläranlage Heimerzheim	Zulauf	Sandfang nach Grobrechen
37	Swist	Kläranlage Heimerzheim	Ablauf zur Swist	StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung

4.2.1 Kläranlage Hillesheim, Ablauf (P23)



Foto 5: Ablauf Kläranlage Hillesheim

Die Kläranlage liegt am unteren Markelsbach. Im Westen ist sie von Laubwald umgeben, im Norden schließt sich Weideland an. Als Probenahmestelle wurde der StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung ausgewählt.

4.2.2 Kläranlage Niederkassel, Ablauf (P24)

Die Kläranlage Niederkassel steht nicht in Beziehung zu einem der untersuchten Einzugsgebiete. Sie wurde als Vergleichsanlage gewählt, da sie als eine der modernsten Groß-Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen gilt. Als Probenahmestelle wurde der StUA-Meßpunkt am Ablauf der Nachklärung ausgewählt.

4.2.3 Kläranlage Hilberath, Zulauf / Ablauf (P25/26)

Die Probenahmestelle zur Beprobung des Zulaufs (P25) befindet sich im Sandfang der Kläranlage. Der Sandfang ist an dieser Stelle ca. 30 cm breit. Die Zuflußmenge variiert zeitlich je nach Höhe des Mischwasseranfalls. Die StUA-Meßstelle zur Beprobung des Ablaufs (P26) befindet sich in einem Rohr mit einem Durchmesser von ca. 20 cm in einem Schacht etwa 1 m unter Flur. Es ist von Büschen und Sträuchern umgeben und durch ein Gitter geschützt, welches für die Probenahme entfernt wurde.

4.2.4 Kläranlage Flerzheim, Zulauf / Ablauf (P27/28)

Die Probenahmestelle zur Beprobung des Zulaufs (P27) befindet sich hinter dem belüfteten Sand- und Fettfang der Kläranlage noch vor dem Vorklärbecken. Der Zulauf ist an dieser Stelle ca. 5 m breit und sehr tief. Zur aktiven Sauerstoffanreicherung des Zulaufwassers erfolgt eine vorgeschaltete Belüftung. Die Probenahme

zur Beprobung des Ablaufs (P28) erfolgt in der Abflußrinne der Nachklärbecken. Die Rinne des Ablaufs hat einen Durchmesser von ca. 2 m. Der Wasserspiegel schwankt je nach Höhe der Durchflußmenge des Abwassers. Algenbewuchs und kleine Fische sind zu sehen.

4.2.5 Regenüberlaufbecken II der Kläranlage Flerzheim (P29)

Die Probenahmestelle P29 befindet sich in der Ablaufrinne des Regenüberlaufbeckens II (RÜB II) der Kläranlage Flerzheim (Foto 6). Bei Überschreitung der kritischen Regenspense werden die beiden Regenüberlaufbecken der Kläranlage gefüllt. Wird das Fassungsvermögen der Becken überschritten, schlagen beide Becken parallel grob mechanisch gereinigtes Mischwasser in die Swist ab.

4.2.6 Kläranlage Rheinbach, Zulauf / Ablauf (P30/31)

Die Probenahmestelle zur Beprobung des Zulaufs (P30) befindet sich hinter dem Sandfang der Kläranlage. Die Rinne des Zulaufs ist ca. 50 cm breit und mit schwarzem Kunststoff ausgekleidet. Die Höhe des Wasserspiegels variiert je nach Zuflußmenge. Die Probenahmestelle zur Beprobung des Ablaufs (P31) befindet sich unmittelbar hinter der Nachklärung in einem großen Schacht, in den das gereinigte Abwasser stürzt. Der Wasserspiegel liegt ca. 2 m unter Flur.

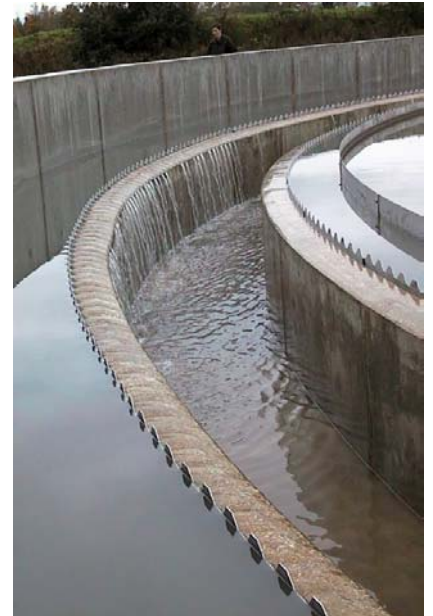


Foto 6: Ablaufrinne des RÜB II der Kläranlage Flerzheim

4.2.7 Kläranlage Miel, Zulauf / Ablauf (P32/33)

Die Probenahmestelle zur Beprobung des Zulaufs (P32) befindet sich im Sandfang der Kläranlage. Die Rinne des Zulaufs ist an dieser Stelle ca. 30 cm breit. Die Höhe des Wasserspiegels variiert je nach Zuflußmenge. Die Probenahmestelle zur Beprobung des Ablaufs (P33) befindet sich in einem rechteckigen Schacht, der durch ein Gitter geschützt ist. Zur Durchführung der Probenahme mußte das Gitter entfernt werden. Der Wasserspiegel liegt ca. 2 m unter Flur. Das gereinigte Abwasser stürzt in den Ablaufschacht, wodurch ein zusätzlicher Sauerstoffeintrag erfolgt.

4.2.8 Kläranlage Loch, Zulauf / Ablauf (P34/35)

Die Probenahmestelle zur Beprobung des Zulaufs (P34) befindet sich im Sandfang der Kläranlage. Auf mittlerer Strecke des Sandfangs wird dem Abwasser Natriumaluminatlösung zugeführt, daher findet die Probenahme unmittelbar vor dieser Zugabe statt. Die Rinne des Sandfangs ist an dieser Stelle ca. 30 cm breit. Die Höhe des Wasserspiegels ist konstant, weil das Abwasser über ein Schneckenpumpwerk zugeführt wird. Die Probenahmestelle zur Beprobung des Ablaufs (P35) befindet sich in einem Rohr mit einem Durchmesser von ca. 20 cm in einem Schacht etwa 1 m unter Flur. Dieser ist durch ein Gitter geschützt, welches zur Probenahme entfernt wurde.

4.2.9 Kläranlage Heimerzheim, Zulauf / Ablauf (P36/37)

Die Probenahmestelle zur Beprobung des Zulaufs (P36) befindet sich hinter dem Sandfang der Kläranlage vor der Vorklärung. Der Zulauf ist an dieser Stelle ca. 30 cm breit. Die Zuflußmenge variiert zeitlich. Die Probenahme des Ablaufs (P37) wurde in der Ablaufrinne des Nachklärbeckens durchgeführt, kurz bevor das gereinigte Abwasser den Ablauf der Kläranlage erreicht, da die StUA-Meßstelle nicht erreichbar war. Die Ablaufrinne ist gefliet und frei von Algenbewuchs. Der Wasserstand in dieser Rinne ist nur ca. 10 cm hoch. Für eine durchgängige Probenahme mußte der Rührer des Nachklärbeckens abgeschaltet werden.

4.3 Probenahmeregime

Die Untersuchungen in den vier Einzugsgebieten konnten allein schon aus Gründen der Logistik und aufgrund der Laborkapazitäten nicht parallel stattfinden. Daher fanden die Untersuchungen in den Gebieten Nauholz- bach, Wahnbach und Kall, sowie an den Kläranlagen Hillesheim und Niederkassel in der Zeit von Januar 1997 bis Januar 1998 statt, die Beprobung des Einzugsgebietes Swist und der dort gelegenen Kläranlagen von August 1999 bis Oktober 2000.

4.3.1 Zeitliches Probenahmeregime für Regelproben in den Einzugsgebieten Nauholz- bach, Wahnbach und Kall

Für die regelmäßigen (=planbaren) Probenahmen wurde zu Beginn des Untersuchungsvorhabens ein zeitliches Beprobungsschema festgelegt, welches eine gleichmäßige Verteilung der Proben über den Untersuchungszeitraum und die zu beprobenden Stellen einerseits, und die vorhandenen Kapazitäten im Labor andererseits berücksichtigte.

Die festgelegten Intervalle sowie die Zahl der geplanten und gezogenen Proben zeigt Tabelle 6:

Tabelle 6: Zeitregime der Regelprobenahmen an Kall, Nauholz- bach und Wahnbach

Bezeichnung der Probenah- mestelle	Geplanter Abstand der Probenahmen	Geplante Pro- benanzahl	Tatsächliche Probenanzahl
Nauholz- bach Pegel	Monatlich im Wechsel mit KA Niederkassel	16	16
Kall Pegel	14-tägig	26	27 + 1*
Probenahmestellen im Einzugs- gebiet der Kalltalsperre	wechselnd zusammen mit Kall Pegel	50	49
Wahnbach Pegel	14-tägig	26	25 + 1*
KA Hillesheim	14-tägig	26	26
KA Niederkassel	Monatlich im Wechsel mit Nauholz- bach	10	12
Summe		154	103

* Ereignisprobe an einem Regelprobentag

Im Einzugsgebiet der Kalltalsperre verteilten sich die insgesamt 49 Probenahmen auf 10 Probenahmestellen:

- Roßbach, Keltzerbach linker Arm: je 3 Proben
- Hoscheit, Kall vor Paustenbach: je 4 Proben
- Entenpfuhl, Domäne: je 5 Proben
- Bruchgraben, Fischbach, Paustenbach: je 6 Proben
- Keltzerbach: 7 Proben.

4.3.2 Kriterien für niederschlags- und abflußbezogene Probenahmen in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Wahnbach und Kall

Bei stärkeren Niederschlagsereignissen schwillt der Abfluß der Fließgewässer im Einzugsgebiet an. Die Summe aus Oberflächenabfluß und Interflow geht dabei dem Vorfluter ohne große zeitliche Verzögerung als Direktabfluß zu. Der Abflußvorgang und somit auch gegebenenfalls ein Hochwasserereignis ist dabei maßgeblich bestimmt von Niederschlagshöhe, -intensität und -dauer sowie Größe, Relief und Vegetationsbedeckung des Einzugsgebietes. Die Vorhersagbarkeit einer Hochwasserwelle ist aufgrund dieser zahlreichen Einflußgrößen unsicher.

Für die vorliegende Arbeit sollten ereignisbezogene Probenahmen an den Pegelmeßstellen von Kall, Wahnbach und Nauholzbach bei charakteristischen Hochwasserereignissen nach der Schneeschmelze, bei einem andauernden Landregen sowie nach einem sommerrlichen Gewitterregen durchgeführt werden, um die möglichen mikrobiologischen Veränderungen der Gewässerqualität durch Hochwasserwellen zu erfassen.

In eben diesen drei Einzugsgebieten, deren Wasser jeweils Trinkwassertalsperren speist (s.u.), konnten nurn-durch die enge Zusammenarbeit mit den dortigen Wasserversorgungsunternehmen die logistischen Voraussetzungen für eine schnelle ereignisabhängige Probenahme geschaffen werden. In Zusammenarbeit mit den beteiligten Wasserversorgungsunternehmen wurden auch die Kriterien für jedes Untersuchungsgebiet erarbeitet, die als Orientierungswerte für die Auslösung außerplanmäßiger Probenahmen an den Pegelmeßstellen dienen sollten.

Als allgemein gültiges Kriterium galt anhaltender Niederschlag im jeweiligen Einzugsgebiet. Des weiteren war der Pegelanstieg über einen unteren Hochwassergrenzwert ausschlaggebend. Dabei wurden für das Winter- bzw. Sommerhalbjahr sowie für jedes Einzugsgebiet unterschiedliche Werte herausgearbeitet. Die Tabelle 7 zeigt die festgelegten kritischen Pegelstände, bei deren Überschreitung die ereignisbezogenen Probenahmen durchgeführt wurden. Die Werte wurden aus Zeitreihen der Pegelstände und aus Erfahrungswerten der Wasserversorgungsunternehmen ermittelt.

Auch die Gehwindigkeit, mit der der Pegel den unteren Grenzwert erreicht, spielt eine wichtige Rolle. Diese ist abhängig von Art, Intensität und Verlauf der Niederschläge im Einzugsgebiet. Häufig steigen bei Niedrigwasser im Sommer nach einem Starkregen die Pegel rascher als im Winter. Für die Praxis resultierte daraus, daß ein Hochwasserereignis sehr früh erkannt werden mußte, um die Hochwasserwelle vom Ansteigen über den Scheitelpunkt bis zum Abfallen beproben zu können. Für den Wahnbach konnten diesbezüglich konkrete

Werte ermittelt werden, die als Entscheidungshilfe für die Durchführung einer außerplanmäßigen Probenahme zugrunde gelegt wurden. Voraussetzung war die kontinuierliche Überwachung des Pegels.

Die Entscheidung zu einer Ereignisbeprobung wurde jeweils von den zuständigen Mitarbeitern der örtlichen Kooperationspartner getroffen.

Tabelle 7: Grenzwerte für Ereignisprobenahmen an den Pegeln Kall, Nauholzbach und Wahnbach

Gewässer	Niederschlag	Pegelhöhe [cm]
Kall	Hinweis auf anhaltenden	Sommerhalbjahr: 25-30
	Niederschlag	Winterhalbjahr: 55-60
Nauholzbach	Hinweis auf anhaltenden	Sommerhalbjahr: 15
	Niederschlag	Winterhalbjahr: 45
Wahnbach	Hinweis auf anhaltenden	Sommerhalbjahr: 50
	Niederschlag	Winterhalbjahr: 80

4.3.3 Zeitliches Probenahmeregime für Regelproben im Einzugsgebiet Swist

Im Einzugsgebiet der Swist verteilten sich die insgesamt 30 Probenahmen auf 9 Probenahmestellen an den Gewässern. An den Kläranlagen im Einzugsgebiet wurden insgesamt 82 Proben entnommen, jeweils am Zu- und Ablauf. Die festgelegten Intervalle sowie die Zahl der geplanten und gezogenen Proben sind den Tabellen 8 und 9 zu entnehmen.

Tabelle 8: Zeitregime der Regelproben an Gewässern im Einzugsgebiet der Swist

Beschreibung Probestelle	Anzahl Proben		Abstand der Proben (Wochen)
	geplant	genommen	
P14, Swist, oh. Holzweiler (Esch)	4	4	7, 14, 18
P15, Swist, oh. Kläranlage Flerzheim (Lüftelberg)	4	4	11 - 16
P16, Sürstbach, oh. Kläranlage Loch	2	2	36
P17, Sürstbach, uh. Kläranlage Loch	2	2	36
P18, Swist, uh. Kläranlage Flerzheim (Müttinghoven) = oh. Kläranlage Miel	4	4	11 - 16
P19, Wallbach, an Kreisstraße 52	2	2	27
P20, Swist, uh. Kläranlage Miel, oh. B56 (Miel)	4	4	12, 19, 4
P21, Swist, oh. Kläranlage Heimerzheim (Dünstekoven)	4	4	16, 20, 5
P22, Swist, uh. Kläranlage Heimerzheim (Heimerzheim)	4	4	16, 20, 5
Summe Probenahmen	30	30	

Tabelle 9: Zeitregime der Regelprobenahme an Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist

PN-Stellenbeschreibung	Anzahl Proben Zu- + Ablauf		Abstand der Proben (Wochen)	Abstand Zu-/Ablauf (Tage)
	geplant	genommen		
P25, P26 Kläranlage Hilberath	5 + 5	5 + 5	7 - 14	7
P27, P28, Kläranlage Flerzheim	10 + 10	10 + 10	4 - 6	1
P29, Kläranlage Flerzheim, Ablauf Regenüberlaufbecken II	0	1	-	-
P30, P31, Kläranlage Rheinbach	10 + 10	11 + 10	4 - 6	1
P32, P33, Kläranlage Miel	5 + 5	5 + 5	5 - 12	1
P34, P35 Kläranlage Loch	5 + 5	5 + 5	5 - 12	1
P36, P37 Kläranlage Heimerzheim	5 + 5	5 + 5	7 - 15	6
Summe	80	82		

4.3.4 Kriterien für niederschlagsbezogene Probenahmen am Regenüberlaufbecken Flerzheim

Die Belastung von Oberflächengewässern mit Mikroorganismen, und damit auch mit Parasitendauerstadien wird wesentlich durch Abwässer unterschiedlicher Herkunft einschließlich Mischwasser aus Regentlastungen beeinflusst. Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, welcher bei Niederschlägen durch Abschwemmung und Austrag ebenfalls in die Oberflächengewässer gelangt, trägt ebenso zur diffusen mikrobiellen Belastung der Gewässer bei wie ungeordnete Abwassereinleitungen [109]. Niederschlagsereignisse können somit eine mikrobielle Belastung von Oberflächengewässern aus unterschiedlichen Quellen bedingen.

Die Regenwassermenge im Kanalnetz kann bei Niederschlagsereignissen das 50- bis 200-fache der Schmutzwassermenge ausmachen. Je nach Entwässerungssystem führt dies zu unterschiedlichen Belastungsspitzen in der Kanalisation bzw. auf den Kläranlagen. Aus wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Gründen wird heute zunehmend ein Regenabfluß in die Kanalisation vermieden.

Zur Entlastung der Kanalsysteme vom Regenwasser werden Regenüberläufe (RÜ), Regenüberlaufbecken (RÜB), Stauraumkanäle (SK) und Regenwasserrückhaltebecken (RRB) errichtet [67]. Wird bei Niederschlagsereignissen der kritische Regenwasserabfluß ($Q_{r\text{krit}}$) überschritten, erfolgt aus dem Kanal ein Überlauf des Mischwassers entweder direkt in den Vorfluter (RÜ) oder in Regenüberlaufbecken. In Stauraumkanälen kommt es bei Überschreiten von $Q_{r\text{krit}}$ zum Einstau von Mischwasser. Wird in RÜB oder SK das Rückhaltvolumen überschritten, erfolgt ein Abschlag des grob mechanisch gereinigten Mischwassers (ohne leicht absetzbare Stoffe und ohne Schwimmstoffe) in den Vorfluter. Unter diesen Voraussetzungen wird das Gewässer außer einer erheblichen hydraulischen auch einer hohen chemischen und mikrobiologischen Belastung ausgesetzt.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit sollten zwei ereignisbezogene Probenahmen während des Abschlags des Regenüberlaufbeckens II in Flerzheim durchgeführt werden. Zusammen mit dem Kläranlagenbetreiber (Erftverband) wurden Kriterien für die Durchführung außerplanmäßiger Probenahmen aufgestellt.

Als günstigstes Kriterium galt das Anspringen der Regenentlastungsanlagen durch anhaltenden Niederschlag. Des Weiteren wurde festgelegt, daß die Probenahmen auch bei einem hohen Einstau nach dem Überlaufen des Beckens durchgeführt werden sollten. Die Benachrichtigung zu einer Ereignisbeprobung erfolgte durch die zuständigen Mitarbeiter der Kläranlage.

4.4 Probenahmetechnik

Die Probenahmen wurden vor Ort nach den Standardarbeitsanweisungen des Instituts für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn durchgeführt. Der Transport der Proben erfolgte umgehend und gekühlt zum Institut. Neben den parasitologischen Wasserproben wurden ebenfalls Proben für bakteriologische und für physikalisch-chemische Untersuchungen entnommen.

4.4.1 Probenahme für parasitologische Parameter

Die parasitologische Probenahme erfolgte in Anlehnung an die Beschreibung bei [65] mittels eines Wickelfilters aus Polypropylenfasern mit einer nominalen Porenweite von 1 µm. Dieser wurde in einem Filtergehäuse an die Saugseite einer Pumpe angeschlossen. Über einen Schlauch mit einem groben Vorfilterkorb wurde das zu beprobende Wasser durch den Filter gezogen. Durchfluß und Wassermenge wurden mittels einer Wasseruhr auf der Auslaßseite der Pumpe kontrolliert. Der Durchfluß wurde zu Beginn der Probenahme auf fünf Liter pro Minute eingestellt und anschließend nicht mehr nachreguliert. Eine Kontrolle des Durchflusses erfolgte alle 10 Minuten. Das gefilterte Zielprobevolumen an den Kläranlagenabläufen und im Gewässer betrug 500 Liter. Sank allerdings während der Probenahme der Durchfluß unter zwei Liter pro Minute, so wurde die Probenahme abgebrochen, um zu verhindern, daß Partikel den Filter durchbrechen. An den Kläranlagenzuläufen wurden aufgrund der zu erwartenden hohen Befunde jeweils nur maximal 50 Liter für eine Probe gefiltert. Nach Beendigung der Probenahme wurde das Filtergehäuse vorsichtig belüftet und geöffnet. Die Filterpatrone wurde entnommen und in einem Polyethylenbeutel gekühlt transportiert. Der Durchfluß von 5 Litern pro Minute stellt einen Kompromiß zwischen optimaler Filtration bei geringem Durchfluß (kein Durchsaugen von Partikeln) und praktikablen Probenahmezeiträumen dar. Die Dauer der 500-Liter Probenahme betrug bei dem gewählten Durchfluß etwa 100 Minuten.

4.4.2 Probenahme für physikalische und chemische Parameter

Wasser für die Labor-Bestimmung der chemischen Parameter wurde in eine 1.000 ml PE-Flasche abgefüllt. Die Entnahme des Wassers erfolgte durch Schöpfen mit einem sauberen Schöpfer oder –bei schlechter Erreichbarkeit der Probenahmestelle– mit der für parasitologischen Proben genutzten Pumpe.

4.4.3 Probenahme für bakteriologische Parameter

Die Probenahme für die Bakteriologie erfolgte derart, daß sterile Glasflaschen unmittelbar nach dem Öffnen durch Eintauchen unter die Wasseroberfläche oder mit der für die parasitologische Probenahme benutzten Pumpe gefüllt und anschließend sofort wieder verschlossen wurden. An den Kläranlagenabläufen und im Ge-

wässer wurden für die bakteriologischen Untersuchungen jeweils zwei Liter Probenwasser entnommen. An den Kläranlagenzuläufen wurde ein Liter Abwasser abgefüllt.

4.4.4 Dokumentation der Probenahme

Die Probenahmen wurden jeweils auf einem standardisierten Formular dokumentiert. Dieses enthielt neben Informationen zu Ort und Zeit der Probenahme auch Angaben über die Wetterverhältnisse, die geförderte Wassermenge für die parasitologische Probe, Zu- bzw. Ablaufmengen der Kläranlage, Abflußmessung bzw. Pegelstand im Gewässer sowie die Ergebnisse der Vor-Ort-Bestimmungen.

Probenahmeprotokoll KA - / Swistbach - Projekt	
Datum: <input type="text"/>	Ankunftszeit Probenahmestelle: <input type="text"/>
Probenahmestelle: <input type="text"/>	ProbenehmerIn: <input type="text"/>
Zentralnummer: <input type="text"/>	wird im Labor nachgetragen!
Wetter: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Niederschlag vor der Probenahme
Lufttemperatur: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Niederschlag während der Probenahme
Vor - Ort - Parameter	
Wassertemperatur: <input type="text"/>	Farbe: <input type="text"/> Sauerstoff [mg/l] <input type="text"/>
pH-Wert: <input type="text"/>	Geruchsstärke: <input type="text"/> Geruchsart: <input type="text"/>
Trübung [FNU]: <input type="text"/>	el. Lf. [$\mu\text{S}/\text{cm}$] <input type="text"/>
Probenahme	
Beginn paras. Probenahme: <input type="text"/>	Stand der Wasseruhr: <input type="text"/>
Durchfluß l / min: <input type="text"/>	Durchfluß l / min nach 20 min: <input type="text"/>
Durchfluß l / min nach 40 min: <input type="text"/>	Durchfluß l / min nach 60 min: <input type="text"/>
Durchfluß l / min nach 80 min: <input type="text"/>	Durchfluß l / min nach 100 min: <input type="text"/>
Ende paras. Probenahme: <input type="text"/>	Stand der Wasseruhr: <input type="text"/>
	Gefilterte Wassermenge [l]: <input type="text"/>
Abfüllungen	
Abfüllung für Bakteriologie (1 x 1 Liter sterile Glasflasche) <input type="checkbox"/>	
Abfüllung für Chemie (1 Liter PE-Flasche) <input type="checkbox"/>	
Abfüllung für fraktionierte Trübungsmessung (2 x 2 Liter PE) <input type="checkbox"/>	
Sonstige Abfüllungen: <input type="text"/>	
Abflußmessung (Fließgewässer)	
Eingesetztes Tracervolumen [l]: <input type="text"/>	
Startleitfähigkeit im Gewässer [$\mu\text{S}/\text{cm}$]: <input type="text"/>	
Eingesetzte Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]: <input type="text"/>	(Einheit beachten !)
(Leitfähigkeitsmessungen auf Rückseite eintragen)	
Ergebnis Abflußmessung / Ablesung Kläranlagenschreiber	Abfluß / Zulauf [l/s]: <input type="text"/>
Bemerkungen:	
<input type="text"/>	
<input type="text"/>	
<input type="text"/>	

Abb. 12: Verwendetes Probenahmeprotokoll

4.5 Vor Ort bestimmte Parameter

Zur Bestimmung der Vor-Ort-Parameter wurden folgende Geräte eingesetzt:

elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	MultiLine F/Set-3, WTW
Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	
pH-Wert	
Sauerstoffgehalt [mg/l]	
Wassertemperatur	
Trübung [FNU]	NEPHLA (nach DIN 38 404 und ISO 7027) Dr. Lange
Geruchsart/Geruchsstärke	Organoleptische Bestimmung
Farbe	Organoleptische Bestimmung

4.6 Abflußmessung nach Fischer [40] für Fließgewässer

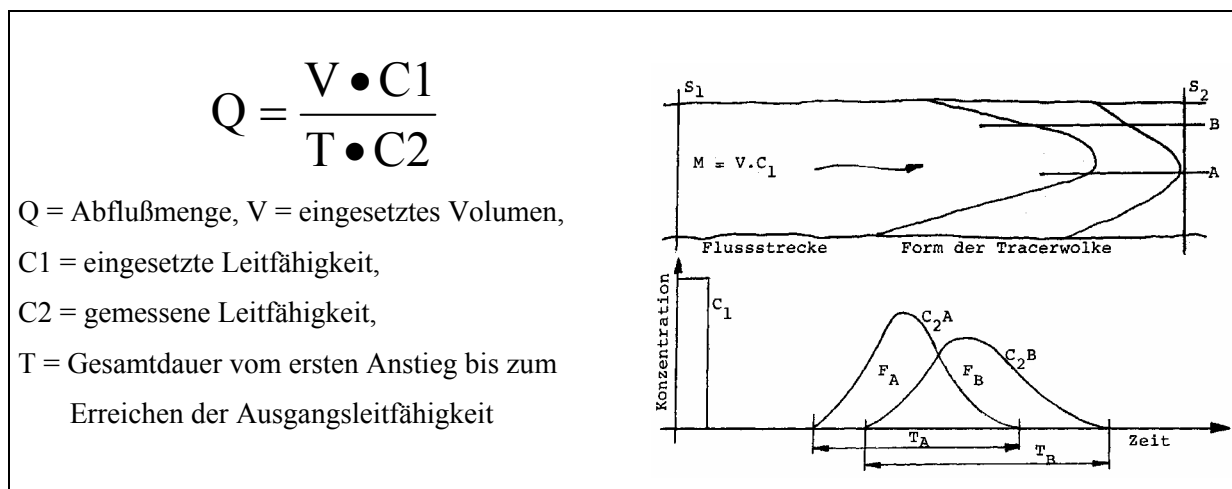


Abb. 13: Formel und Erläuterungsskizze zur Abflußmessung nach dem Verdünnungsprinzip

An den Gewässer-Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist standen außer für die Probenahmestelle nahe der Pegel keine Daten über Abflußmengen zu den Zeiten der Probenahme zur Verfügung. Um trotzdem mit den vorhandenen Geräten abschätzende Angaben zur Abflußmenge machen zu können, wurde das Verdünnungsverfahren nach Fischer [40] ausgewählt. Für diese Methode sind nur eine Leitfähigkeitselektrode, ein Eimer mit bekanntem Volumen, eine Stoppuhr und Kochsalz nötig. Die Methode beruht auf der Bestimmung des Abflusses über die Verdünnung eines Tracers, in diesem Falle Kochsalz. Der Tracer wird in einem bekannten Volumen mit bekannter hoher Konzentration in einer Portion in das Gewässer gegeben. Anschließend wird an einer Stelle, die so weit unterhalb liegt, daß eine gute Durchmischung gewährleistet ist, die Konzentration des Tracers bestimmt, hier anhand der Leitfähigkeit. Sobald die Tracerwolke an der Meßstelle angelangt ist, wird die Leitfähigkeit alle zehn Sekunden protokolliert, bis sie wieder auf den Ausgangswert gefallen ist. Aus den erhaltenen Daten kann nach obiger Formel der Abfluß errechnet werden.

4.7 Hydrologische Parameter

Zum Wasserhaushalt wurden Niederschlags- und Abflußdaten zusammengetragen: Von Klimastationen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten oder aus deren unmittelbarer Nachbarschaft wurden die Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum und aus den Jahren davor soweit möglich ermittelt. Anhand der Pegeldata wurden ebenso die Abflußmengen der untersuchten Gewässer zusammengetragen, um für Bewertungen Aussagen z.B. zu Tagesfrachten machen zu können.

Darüber hinaus wurden Daten über Zu- und Abflußmengen der Kläranlagen über den Untersuchungszeitraum ermittelt.

Die jeweils zur Zeit der Probenahmen aktuellen Wassermengen an den Zu- und Abläufen der Kläranlagen wurden an den entsprechenden Schreibern abgelesen. Die Abflußmengen im Swisteinzugsgebiet zur Zeit der Probenahme wurden jeweils nach dem Verfahren nach [40] ermittelt (s.o.). In den anderen Gebieten ist es möglich, an den Pegelmeßstellen über den Pegelstand die Abflussmenge zu errechnen.

Als Quelle für die Niederschlagsdaten wurden Meßreihen der folgenden Klimastationen genutzt:

Tabelle 10: Klimastationen

Einzugsgebiet	Name der Meßstation	Betreiber
Nauholzbach	Rothaargebirge	Landesumweltamt NRW
Wahnbach	Siegburg	Deutscher Wetterdienst
Kall	Simmerath, Eifel	Landesumweltamt NRW
Swist	KA Rheinbach	Erfverband
	KA Flerzheim	Erfverband
	KA Hilberath	Erfverband
	KA Loch	Erfverband
	KA Miel	Erfverband
	KA Heimerzheim	Erfverband

4.8 Parasitologische Wasseruntersuchung

Die Filterpatronen wurden am Morgen nach der Probenahme im Labor in Anlehnung an die Vorschrift bei [65] weiterverarbeitet. Dazu wurde die Filterpatrone aufgeschnitten und der grobe Wickelfaden vom Filtervlies getrennt und verworfen. Das Filtervlies wurde zerzupft und in zwei Etappen mit insgesamt 2,5 Liter 0,1% TWEEN 80-Lösung ausgewaschen. Das vereinigte Eluat wurde anschließend mit Hilfe der Zentrifuge in mehreren Schritten bei 1.500g in 50 ml 0,1% TWEEN 80 eingengt.

Nach Abnehmen einer Rückstellprobe und erneutem Zentrifugieren wurde das Material mit kalter Saccharose (Dichte = 1,18) unterschichtet und bei 1.000g zentrifugiert. Dabei erfolgt eine Reinigung der Probe durch Trennung der Cysten / Oocysten von anorganischen Partikeln (Sand, Ton, etc.) mit einer höheren Dichte. Nach Abschluß der Zentrifugation wurde der Überstand mit den Parasitendauerformen zur Weiterverarbeitung abgenommen, der Rest verworfen. Nach Auswaschen der Saccharose ergab sich ein Restsediment von 70 -

150 µl. Dieses wurde in Farbe-Gefäße von 1,5 mL Inhalt ("Eppendorf-Tubes") überführt und dort mit monoklonalen Antikörpern und Fluoreszenzfarbstoff behandelt, um die Parasitendauerstadien zu markieren. Die verwendeten Antikörper der Firma HYDROFLUOR zielen auf Epitope auf der Hülle der Cysten bzw. Oocysten, und wurden in einem zweiten Färbeschritt mit Fluorescein-Isothiocyanat (FITC) fluoreszenzmarkiert. In einem zusätzlichen Schritt wurden die Zellkerne der Organismen mit 4',6-diamidino-2-Phenylindol (DAPI) angefärbt, um Kernstrukturen für eine Differentialdiagnose besser darstellen zu können. Anschließend wurde die Probe auf mehrere Objektträger verteilt ausgestrichen, bei 37°C 30 Minuten getrocknet und mit DABCO-Eindeckmedium eingedeckt.

Die Präparate wurden im Aufrichtfluoreszenzmikroskop bei 400-facher Vergrößerung mit Ölimmersion zunächst mit dem Farbfilter für FITC (Anregung 480 nm, Fluoreszenz 505-527 nm) durchgemustert. Die Bestätigung eventueller Cysten- oder Oocystenfunde erfolgte nach Kontrolle der Kernstrukturen unter dem DAPI-Farbfilter (Anregung 340-380 nm, Fluoreszenz 400-430 nm), sowie nach Betrachtung bei 1000-facher Vergrößerung bei Aufrichtfluoreszenz und im Phasenkontrast-Durchlicht.

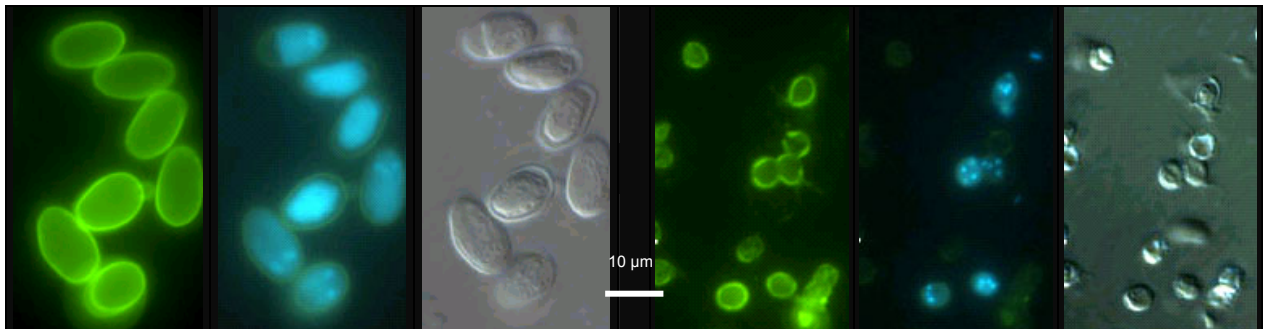


Foto 7: Darstellung von *Giardia lamblia* und *Cryptosporidium sp.* im Mikroskop

Im linken Block *Giardia*, rechts *Cryptosporidium*; jeweils von links nach rechts:

FITC-Färbung der (Oo-)Cysten-Hüllen, DAPI-Färbung der DNA, Phasenkontrastbild der Innenstrukturen

Für die Aufbereitung der Proben konnte mit Wiederfindungsversuchen für die Proben der vorliegenden Untersuchungen eine Wiederfindungsrate von 20 bis 30 Prozent belegt werden. Unter Berücksichtigung dieser Wiederfindungsrate und der untersuchten Volumina liegt die Nachweisgrenze des Verfahrens bei etwa vier Cysten / Oocysten / 100 L Wasser. Die hier angegebenen Ergebnisse sind ohne Einrechnung der Wiederfindung angegeben. Die dazugehörige Nachweisgrenze beträgt 0,4 Cysten / Oocysten / 100 L.

Bei Proben aus den Kläranlagenzuläufen ergab sich das Problem hoher Sedimentfrachten, welche die Filterpatrone sehr schnell zuschlagen ließen. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, bei sehr schnellem Absinken des Durchflusses bis zum völligen Zuschlagen des Filters zu pumpen, um ein möglichst aussagefähiges Probevolumen zu erhalten. Außerdem wurde durch die Menge unerwünschten Sediments die Reinigung der Probe und das Herstellen auswertbarer mikroskopischer Präparate erschwert. Ursprünglich wurde angestrebt, von jeder Probe einen Anteil zwischen 30 und 40 Prozent zu untersuchen, um extrapolationsbedingte Fehler zu minimieren. Die hohen Sedimentfrachten der Kläranlagenzuläufe brachten es aber mit sich, daß bei diesen Proben der bearbeitete Anteil nach Abnehmen der Rückstellprobe auf zehn Prozent reduziert werden mußte, um alle Proben möglichst bald nach Entnahme bearbeiten zu können. Die Nachweisgrenze vervierfacht sich dadurch für

diese Proben. Da die Zulaufproben aber immer positive Befunde aufweisen, ist die Erhöhung der Nachweisgrenze in diesem Fall unerheblich.

4.9 Physikalisch-chemische Untersuchungen im Labor

Geruch und Geschmack

Die Bestimmung erfolgte nach der Vorschrift zur Untersuchung auf Geruch und Geschmack nach DEV B 1/2. Geruchsprüfungen werden ausgeführt, um eine qualitative Beschreibung des Geruchs und eine quantitative Aussage über seine Intensität zu erhalten (Geruchsschwellenwert). Die Angabe des Ergebnisses erfolgt nach der Intensität (ohne, schwach, stark) und nach der Art (erdig, modrig, faulig, etc.)

Färbung

Die Bestimmung der Färbung erfolgte nach ISO 7887:1994.

Das Verfahren ist auf Roh- und Trinkwasser und auf schwach gefärbtes Abwasser anwendbar. Die Charakterisierung der Intensität der Färbung einer Wasserprobe erfolgt durch Messung der Schwächung von Licht bei einer Wellenlänge von $\lambda = 436 \text{ nm}$ mit einem Spektralphotometer der Fa. UNI-CAM mit 40 mm Quarzküvetten. Angabe der Ergebnisse: Es werden auf $0,1 \text{ m}^{-1}$ gerundete Werte angegeben.

Nitrat

Bei der Bestimmung des Nitrat-Gehaltes kamen je nach Belastungsgrad zwei Verfahren zur Anwendung: Für Wässer mit niedrigeren Nitrat-Gehalten wurde Nitrat mittels Ionenchromatographie bestimmt. Das Verfahren ist geeignet zur Bestimmung von Chlorid und Nitrat in Wässern bis zu einer Konzentration von 50 mg/l und Sulfat bis 100 mg/l. Höhere Konzentrationen können durch geeignete Verdünnung bestimmt werden. Es werden auf 0,1 mg/l gerundete Werte angegeben, jedoch nicht mehr als zwei signifikante Stellen.

Die Bestimmung von Nitrat in stärker belasteten Wässern folgte der Anweisung zur photometrischen Bestimmung von Nitrat-Ionen mittels 2,6-Dimethylphenol nach DIN 38 405 - D 9 - 2. Das Verfahren ist geeignet zur Bestimmung von Nitrat-Stickstoff im Konzentrationsbereich von 0,5 bis etwa 25 mg/l. Es eignet sich für Trinkwasser, Grundwasser und wenig verschmutztes Oberflächenwasser.

Bei einem Gehalt der Wasserprobe an Nitrat-Stickstoff unter 1 mg/l werden auf 0,01 mg/l, bei einem Gehalt von 1 mg/l und mehr auf 0,1 mg/l gerundete Werte angegeben.

Nitrit

Nitrit wurde spektrometrisch nach ISO 6777:1984 bestimmt. Dieses Verfahren ist anwendbar für Trink-, Roh- und Abwässer. Wird das höchstzulässige Analysenproben-Volumen (40 ml) eingesetzt, kann eine Nitritstickstoff-Konzentration bis zu 0,25 mg/l bestimmt werden. Die Konzentrationsangabe wird von der Photometer-Software berechnet und angezeigt.

Wird ein kleineres Probevolumen eingesetzt, muß dieses bei der Analysenwertberechnung berücksichtigt werden.

Berechnung der Massenkonzentration an Nitrit $c(\text{NO}_2)$: $1 \text{ mg/l N} = 3,29 \text{ mg/l NO}_2$

Ammonium

Der Ammonium-Stickstoff wurde photometrisch mittels Natriumdichlorisocyanurat und Natriumsalicylat nach DIN 384065 bestimmt. Dieses Verfahren ist geeignet für Wässer mit Ammonium-Stickstoff-H⁺-Gehalten von 0,03 bis 1 mg/l.

Das vom Photometer angezeigte Ergebnis wird mit dem Faktor 1,2878 multipliziert, um den Ammonium-Gehalt zu erhalten.

Borat

Grundlage des Verfahrens ist die photometrische Bestimmung von Borat-Ionen mittels Azomethin nach DIN 38405/17. Dieses Verfahren ist geeignet für Bestimmungen im Bereich von 0,01 bis 1 mg/l. Die Angabe des Ergebnisses erfolgt für Werte < 1 mg/l auf 0,01 mg/l genau, für Werte ≥ 1 mg/l auf 0,1 mg/l genau.

Phosphatverbindungen

Die Bestimmung der Phosphatverbindungen erfolgte nach dem Verfahren zur photometrischen Bestimmung von Phosphorverbindungen mittels Ammoniummolybdat; Bestimmung von Orthophosphat und Bestimmung von Gesamtphosphat nach Aufschluß: Verfahren EN 1189:1996. Die Verfahren sind bei Wässern mit Phosphorgehalten von etwa 0,04 bis 0,8 mg/l anwendbar. Bei höheren Konzentrationen muß die Wasserprobe vor der Untersuchung mit Wasser verdünnt werden.

Es werden auf die zweite Kommastelle gerundete Werte angegeben, jedoch nicht mehr als 3 signifikante Stellen; Umrechnungsfaktor: 1 mg P = 3,0662 mg PO₄

Abfiltrierbare Stoffe

Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe erfolgte nach DIN 38 409 H2. Dieses Verfahren ist auf alle Wässer anwendbar, und liefert die Masse der im Wasser enthaltenen ungelösten Stoffe. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in mg/l.

Der obige Parameterumfang chemischer Begleitanalytik, der in allen Proben von Nauholzbach, Wahnbach und Kall untersucht wurde, konnte –vornehmlich aus Kostengründen- bei den Untersuchungen im Swisteinzugsgebiet nicht aufrecht erhalten werden. Dort wurde der folgende, reduzierte Parameterumfang untersucht:

Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Die Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs erfolgte nach DIN 38 409 H41. Unter dem chemischen Sauerstoffbedarf versteht man die volumenbezogene Masse an Sauerstoff, die der Masse an Kaliumdichromat äquivalent ist, welche unter den Bedingungen des Verfahrens mit den im Wasser enthaltenen oxidierbaren Stoffen reagiert. Dieses Verfahren ist anwendbar auf Wässer deren CSB zwischen 15 und 300 g/l liegt, und deren Chlorid-Konzentration 1g/l nicht überschreitet. Ggf. müssen die Wasserproben verdünnt werden, um diese Werte einzustellen. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in mg/l.

Stickstoff nach Kjeldahl

Das Kjeldahl-Verfahren ist geeignet zur Untersuchung verschiedenster Wässer. Es gibt den Gehalt an organischem Stickstoff und Ammonium-Stickstoff wieder. Dazu wird der organisch gebundene Stickstoff durch

Aufschluß zu Ammoniumsulfat umgewandelt. Das Ammonium wird anschließend als NH_3 abdestilliert und mittels Titration bestimmt. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in mg/l.

4.10 Bakteriologische Wasseruntersuchungen

Alle Proben wurden hinsichtlich der Bakteriologie, wenn möglich, am Tag der Probenahme verarbeitet. War dies nicht möglich, wurden die Proben im Kühlschrank bei $5 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ gelagert und sofort am nächsten Morgen verarbeitet. Alle Proben wurden in Log-Stufen mit steriler 0,85 %iger NaCl verdünnt.

Im Rahmen der Qualitätskontrolle wurden bei allen angewandten Methoden Positiv- und Negativkontrollen sowie Medienkontrollen mitgeführt.

Allgemeine Koloniezahl (KBE)

Die Bestimmung der allgemeinen Koloniezahl erfolgte gemäß Trinkwasserverordnung vom 5.12.1990 mit dem Koch'schen Plattengußverfahren. Für jede Bebrütungstemperatur wurde 1 ml der Wasserprobe bzw. der Verdünnung in eine sterile, beschriftete Petrischale mit Zählrastrer pipettiert und mit DEV-Agar versetzt. Nach 44 ± 4 Stunden Bebrütung bei $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ bzw. $36 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ wurden die unter 6 – 8-facher Lupenvergrößerung sichtbaren Kolonien ausgezählt.

Die Angabe erfolgte als koloniebildende Einheiten KBE/ml.

E. coli und coliforme Bakterien

Der Nachweis von coliformen Bakterien und *E. coli* in den Proben erfolgte auf Endo-Agar (gemäß Mineral- und Tafelwasser-Verordnung vom 1.8.1984) bzw. Chromocult[®]-Coliformen-Agar oder mit der „Most Probable Number“-Methode nach der „Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften über die Qualität der Badegewässer“ 76/160/EWG Amtsblatt der EG vom 5.2.1976, je nach Verschmutzungsgrad der Probe:

a) Membranfiltration sowie Ausspateln von Verdünnungen auf Selektivagar:

10 ml der Probe wurden unter sterilen Bedingungen mittels Membranfiltrationsgerät über Zellulosenitratmembranfilter (Porenweite $0,45 \text{ }\mu\text{m}$, Durchmesser 50 mm) abfiltriert. Der Membranfilter wurde (mit der Unterseite nach unten) luftblasenfrei auf Chromocult[®]-Coliformen-Agar (zum Nachweis von *E. coli*) bzw. Endo-Agar (zum Nachweis der gesamtcoliformen Bakterien) aufgelegt und im Brutschrank bei $36^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ über 20 ± 4 Stunden inkubiert. Analog hierzu wurde je 1 ml der verdünnten Probe ausgespatelt und im Brutschrank bei $36^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ über 20 ± 4 Stunden inkubiert.

Zur Auswertung wurden nach Möglichkeit Platten einer Verdünnungsstufe herangezogen, die zwischen 10 bis 100 typisch gewachsene Kolonien aufwiesen. Alle dunkelblauen Kolonien auf Chromocult[®]-Coliformen-Agar wurden als *E. coli* gezählt, alle fuchsinglänzenden und dunkelroten Kolonien auf Endo-Agar als (gesamt)coliforme Bakterien.

Die Angabe erfolgte jeweils in KBE/100 ml.

b) MPN-Verfahren im Dreifachansatz mit Fluorocult-Laurylsulfat-MUG-Bouillon:

Aus jeder Verdünnungsstufe der Probe wurde je 1 ml in drei Reagenzgläser mit 10 ml Laurylsulfat-Bouillon (mit Methylumbelliferyl-glucuronid (MUG)) pipettiert (4 x 3 Röhren pro Probe). Die Bebrütung erfolgte bei $36 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ für 44 ± 4 Stunden. Die Röhren wurden auf Gasbildung und Fluoreszenz geprüft. Nachweis

von Gasbildung allein bedeutet das Vorkommen von (gesamt)coliformen Bakterien. Zusätzliche hellblaue Fluoreszenz im ganzen Röhrchen spricht für β -Glucuronidase-Aktivität durch fakultativ anaerobe Bakterien (*E. coli*). Die wahrscheinliche Anzahl der Bakterien in 100 ml der Probe wurde mit Hilfe der MPN - Tabelle nach McCrady ermittelt, wie bei [127] beschrieben. Die Angabe erfolgte in Anzahl/100 ml MPN.

Fäkalstreptokokken

Der Nachweis der Fäkalstreptokokken erfolgte quantitativ nach der Badewasser-Richtlinie [114]: 10 ml der Probe wurden mittels Membranfiltrationsgerät über Zellulosenitratmembranfilter (Porenweite 0,45 μ m, Durchmesser 50 mm) abfiltriert. Der Membranfilter wurde (mit der Unterseite nach unten) luftblasenfrei auf Kanamycin-Aesculin-Azid-Agar (KAA - Agar, Fa. Oxoid) gelegt und für 44 ± 4 Stunden bei 36 ± 1 °C bebrütet. Zudem wurde jeweils 1 ml der Verdünnungen auf Kanamycin-Aesculin-Azid-Agar ausgespatelt und ebenso für 44 ± 4 Stunden bei 36 ± 1 °C bebrütet.

Zur Auszählung wurden nach Möglichkeit Platten herangezogen, die zwischen 10 bis 100 typisch gewachsene (dunkle) Kolonien aufwiesen. Von morphologisch typischen Kolonien jeder zur Auswertung herangezogenen Agarplatte wurden zur Bestätigung stichprobenartig Subkulturen auf Blutagar angelegt. Bei typischem Wachstum wurde eine Gram-Färbung angefertigt. Schwarzbraune Kolonien mit schwarzem Hof wurden als Fäkalstreptokokken im Sinne der EG-Richtlinie 76/160 EWG gewertet.

Die Angabe erfolgte in KBE/100 ml.

Sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier (Clostridien)

Der Nachweis erfolgte quantitativ gemäß Mineral- und Tafelwasser-Verordnung vom 1.8.1984. Ein Aliquot der Probe wurde in einen sterilen Erlenmeyerkolben überführt und für 15 Minuten im temperierten Wasserbad bei $75^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ pasteurisiert. Die pasteurisierte Probe wurde danach sofort unter fließendem kaltem Wasser auf Raumtemperatur abgekühlt. 100 ml sowie 10 ml der so vorbehandelten Probe wurden unter sterilen Bedingungen mittels Membranfiltrationsgerät über Zellulosenitratmembranfilter (Porenweite 0,2 μ m, Durchmesser 50 mm) abfiltriert. Der Membranfilter wurde (mit der Unterseite nach unten) auf den vorbereiteten Tryptose-Sulfit-Cycloserin-Agar (TSC-Agar, Fa. Merck) luftblasenfrei aufgelegt. Zudem wurde je 1ml der Verdünnungen auf TSC-Agar ausgespatelt. Die Inkubation erfolgte im Anaerobiertopf bei $36^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ für 44 ± 4 Stunden. Schwarze Kolonien wurden als Clostridien im Sinne dieser Untersuchung gewertet. Zur Auswertung wurden nach Möglichkeit die Membranfilter herangezogen, die zwischen 10 bis 100 typisch gewachsene Kolonien aufwiesen. Die Angabe erfolgte in KBE/100 ml.

Salmonella spp.

Der Nachweis erfolgte qualitativ in Anlehnung an die ISO 6579 „General guidance on methods for the detection of Salmonella“ vom 1.9.1993 mittels Flüssigkeitsanreicherung („presence/absence“ - Test). Aufgrund der relativ hohen Kontamination der meisten Proben wurde auf eine unselektive Voranreicherung mit Peptonwasser verzichtet. 500 ml bzw. 250 ml (je nach Kontamination) der Probe wurden mittels Membranfiltrationsgerät über Zellulosenitratmembranfilter (Porenweite 0,45 μ m, Durchmesser 50 mm) abfiltriert, gegebenenfalls in mehreren Portionen über mehrere Filter. Der oder die Membranfilter wurde(n) in 100 ml Rappaport-Vassiliadis-Bouillon (Fa. Merck) gegeben und für 44 ± 4 Stunden bei 36 ± 1 °C bebrütet.

Bei Trübung der Bouillon wurde ein fraktionierter Ausstrich auf Hektoen-Agar (Fa. Merck) angelegt und die Platte im Brutschrank bei 36 ± 1 °C weitere 20 ± 4 Stunden bebrütet. Verdächtige, schwarzgefärbte Kolonien wurden mit einem polyvalenten Salmonella-Antiserum überprüft. Bei Agglutination wurde die Probe als positiv bewertet. Die Angabe erfolgte als „nachweisbar in (untersuchtes Volumen)“.

Yersinia spp.

a) Membranfiltration sowie Ausspateln von Verdünnungen auf Selektivagar:

Der Nachweis erfolgte quantitativ mittels Membranfiltration wie bei [127] beschrieben. Nach Membranfiltration von 10 ml der Probe wurde der Filter auf Cefsulodin-Irgasan-Novobiocin-(CIN) Agar (Fa. Oxoid) gelegt und für 44 ± 4 Stunden bei 30 ± 1 °C bebrütet. Zudem wurde je 1 ml der Verdünnungen auf CIN-Agar ausgespatelt und ebenfalls inkubiert. Transparente, leicht erhabene Kolonien mit rosa bis rotem Zentrum, wurden als „Yersinia-verdächtig“ gezählt. Diese Kolonien wurden zur weiteren Differenzierung auf Nähr-Agar überimpft und für 20 ± 4 Stunden bei 30 ± 1 °C bebrütet. Bei negativer Cytochromoxidase-Reaktion wurden die Stämme auf Kliglermedium mit Harnstoff überimpft (Einstich und Oberfläche) und weitere 20 ± 4 Stunden bei 30 ± 1 °C inkubiert. *Yersinia* spp. färbt das Medium durchgehend tiefrot. Zur weiteren Bestätigung wurden zwei Medien zur Überprüfung der Beweglichkeit beimpft und bei 30 ± 1 °C bzw. 36 ± 1 °C für 20 ± 4 Stunden bebrütet. Stämme, die das Kligler/Harnstoffmedium rot färben, bei 30°C beweglich sind, bei 37 °C dagegen nicht, wurden als Yersinien-verdächtig gewertet und im API[®]-Test bis zur Art identifiziert.

Die Angabe erfolgte in KBE/100 ml.

b) Kälteanreicherung

1 ml der Probe bzw. der angelegten Verdünnungen wurden in sterile Yersinia-Bouillon gegeben und für 21 Tage bei 4-6°C inkubiert. Bei Trübung der Bouillon wurde ein Ausstrich auf CIN-Agar gemacht und die Platten für 44 ± 4 Stunden bei 30 ± 1 °C bebrütet. Im Folgenden wurde wie unter a) beschrieben verfahren.

5 Analyseergebnisse

5.1 Niederschläge und Abflußverhältnisse

Höhe und jahreszeitliche Verteilung der Niederschlagsmengen, Lufttemperaturen und Abflüsse für die ausgewählten Einzugsgebiete während des Untersuchungszeitraums wurden aus den Daten der o.g. Klimastationen bzw. aus den Pegeldaten aufbereitet. Niederschlagsmengen sind im Folgenden jeweils als Wochensummen dargestellt, Lufttemperatur- und Abflußdaten als Wochenmittelwerte.

Insgesamt kann für alle Einzugsgebiete festgestellt werden, daß die Abflußmenge im Winterhalbjahr fast unmittelbar nach Niederschlagsereignissen anstieg, während sich in den Sommermonaten nach Regenfällen der Anstieg des Pegels mit zeitlicher Verzögerung und nur in geringem Maße bemerkbar machte.

Im Vergleich zu den langjährigen Niederschlagsmittelwerten an den verschiedenen Klimastationen der untersuchten Einzugsgebiete (Statistiken des DWD 1997 und LUA NRW1994-97) kann nicht von einem hydrologisch auffälligen Jahr gesprochen werden, da einerseits zwar für einige Wochen des Untersuchungszeitraumes kein Niederschlag gemessen wurde bzw. keine ergiebigen Niederschläge fielen, andererseits jedoch Niederschlagsereignisse während des ganzen Jahres mit Spitzen im Sommer und im Februar zu beobachten waren. Als überdurchschnittlich niederschlagsreich erwiesen sich 1997 in den drei ersten Untersuchungsgebieten die Monate Februar, Mai/Juni und Oktober, während Januar, März/April und August/September trocken waren (s. u.).

5.1.1 Nauholzbach

Da sich die TEMES-Meßstation „Rothaargebirge“ am nordwestlichen Rand innerhalb des Einzugsgebiet des Nauholzbachs befindet, können die dort ermittelten Niederschlags- und Temperaturdaten als repräsentativ für das Untersuchungsgebiet an der Obernautalsperre gelten. Die Niederschlagsverteilung während des Untersuchungszeitraumes im Einzugsgebiet des Nauholzbaches variierte von 0 mm bis über 70 mm Niederschlag pro Kalenderwoche mit einem Maximum in der 41. Woche (6. – 12.10.97). Während dieser Niederschlagsereignisse wurden Ereignisprobenahmen durchgeführt. Der geringste Niederschlag fiel in den Monaten Januar, Juli und August.

Die höchsten durchschnittlichen Abflußwerte wurden im Februar in der 7. – 9. Kalenderwoche mit ca. 230 l/s erreicht. Während in den Sommermonaten der Abfluß nach einem Starkregen kaum anstieg, schwoll er im Winterhalbjahr fast unmittelbar nach einem Niederschlagsereignis an.

Die durchschnittlichen Lufttemperaturen pro Kalenderwoche erreichten im Januar 1997 ca. -10°C und $+20^{\circ}\text{C}$ im Juli.

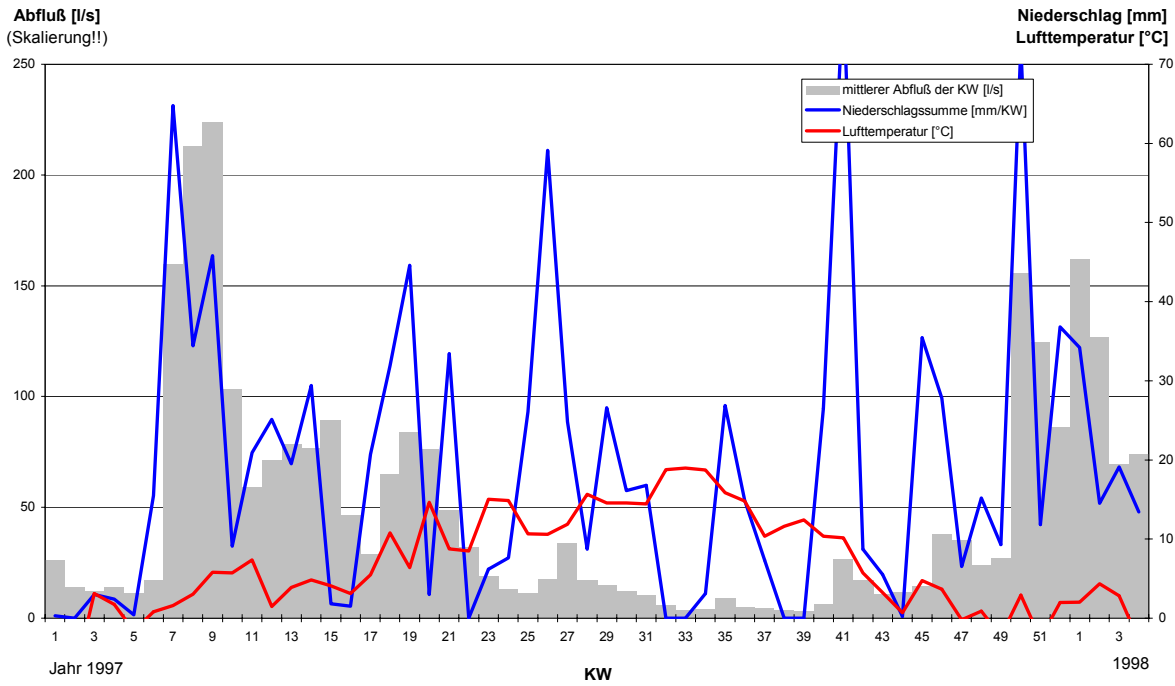


Abb. 14: Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Nauholzbach

5.1.2 Wahnbach

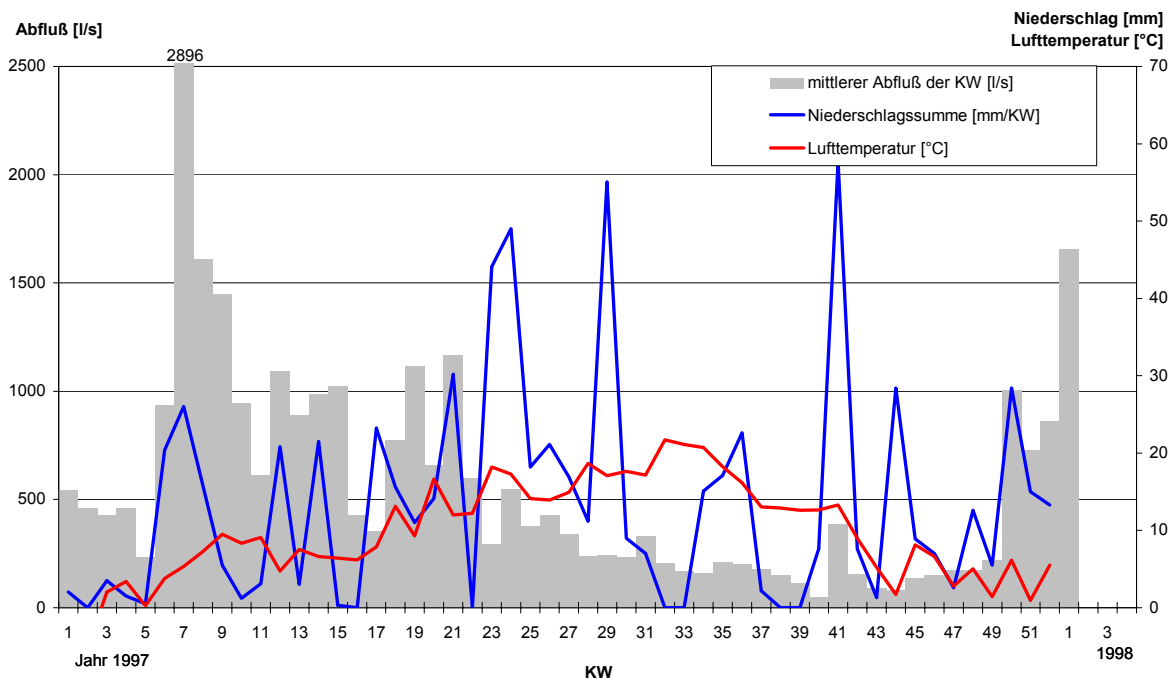


Abb. 15 : Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Wahnbach

Die Niederschlagsdaten für das Einzugsgebiet der Wahnbachtalsperre, ermittelt von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes bei Siegburg, ergaben Niederschlagsspitzen in der 41. Kalenderwoche sowie in der ersten Februarwoche. Auch die Abflusssituation bildete sich ähnlich ab wie in den anderen beiden Einzugsgebieten mit der höchsten Abflußmenge im Wochenmittel am Pegel Wahnbach in der 7. Kalenderwoche mit

2.896 l/s. Die Lufttemperaturen lagen auch hier zwischen -10°C in der 1. Kalenderwoche (Januar) und ca. 20°C in der 31. Kalenderwoche (August; s. Abb. 4).

5.1.3 Kall

Die an der TEMES-Meßstation bei Simmerath gemessenen Niederschlagswerte ergaben für das Einzugsgebiet der Kalltalsperre ein Maximum in der 41. Kalenderwoche (6.-12.10.97) mit über 70 mm Niederschlag, bei dem jedoch der durchschnittliche Wochenabfluß am Pegel Kall (WdKA) mit 200-300 l/s in der 41. KW wie auch in den folgenden Wochen im Verhältnis zum sonstigen Jahresverlauf gering blieb. Im Februar 1997 (7.-9. KW) wurden ebenfalls hohe Niederschlagsmengen gemessen, die sich mit 1.800 -2.000 l/s ohne große zeitliche Verzögerung auf den Abfluß auswirkten. Es kann festgestellt werden, daß der Abfluß am Pegel Kall während der Sommermonate nach Starkregen weniger stark anstieg, als im Winterhalbjahr. Die trockensten Monate waren Januar, Juli, August 1997, in denen 1-2 Wochen lang überhaupt kein Niederschlag fiel. Die wöchentlichen Temperaturmittelwerte variierten von -10°C im Januar bis $+22^{\circ}\text{C}$ im Juli.

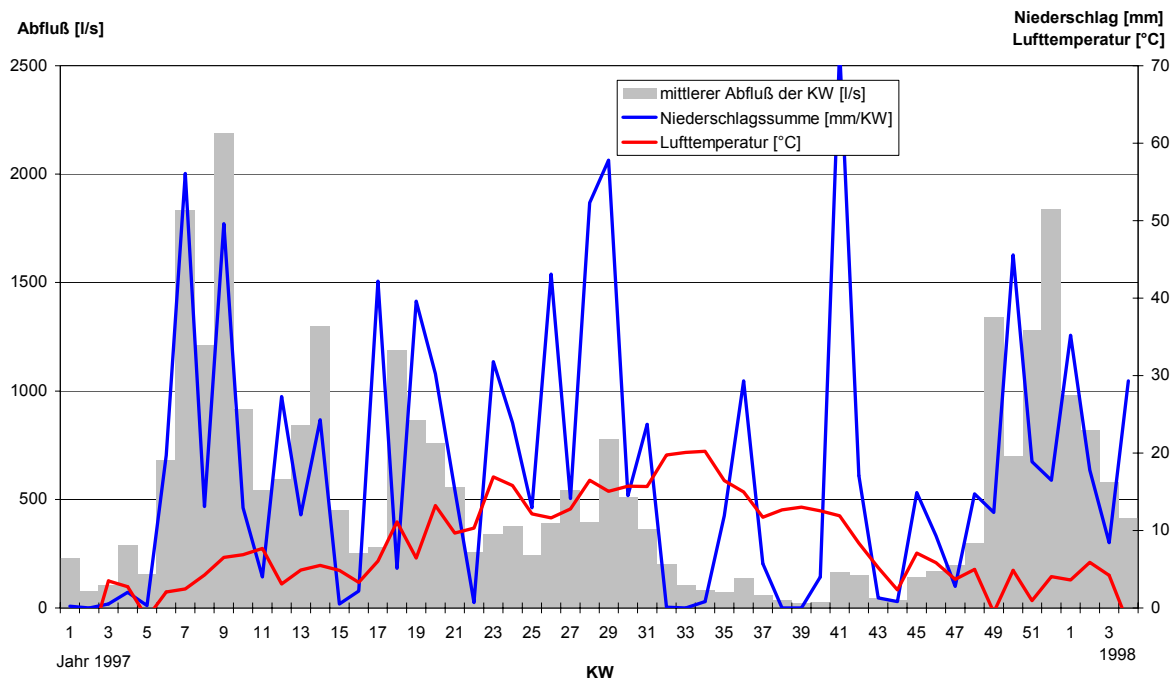


Abb. 16: Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Kall

5.1.4 Swist

Die natürlichen hydrologischen Bedingungen des Untersuchungsgebietes sind gekennzeichnet durch relativ niedrige mittlere jährliche Niederschlagssummen von 600-700 mm bei einer hohen Jahresverdunstung von 535 mm, so daß der Raum insgesamt als Wassermangelgebiet anzusprechen ist.

Die Niederschlagsverteilung während des Untersuchungszeitraumes variierte von 0 mm bis zu 71 mm Niederschlag pro Kalenderwoche mit einem Maximum in der 27. Woche (03.07. – 09.07.2000). Während der Niederschlagsereignisse am 19.10.2000 wurde eine Ereignisprobenahme, am Beckenüberlauf des RÜB II der Kläranlage Flerzheim, durchgeführt. Die geringsten Niederschlagsmengen fielen in den Monaten Oktober

(41.KW bis 43. KW 1999) sowie Dezember/Januar (52. KW 1999 bis 2. KW 2000) und Juni (23.KW bis 25. KW 2000).

Durch die insgesamt acht Kläranlagen im Untersuchungsgebiet kommt es zu einer Einleitung von jährlich über 7 Mio m³ geklärten Abwassers in das Gewässernetz der Swist. Etwa die Hälfte davon geht zurück auf Trinkwasserimport aus dem rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreis.

Aus der Größe der Entwässerungsgebiete der Kläranlagen (26,28 km², Karte F), einer Schätzung des Versiegelungsgrades dieser Gebiete (30%) und der mittleren jährlichen Niederschlagssumme (ca. 700 mm) kann unter Vernachlässigung von Verdunstungsverlusten auf den versiegelten Flächen ein Regenwasserzufluß von jährlich 5-6 Mio m³ Wasser in die Kanalisationen abgeschätzt werden, welcher den Kläranlagen zugeführt wird oder über Abschlagsbauwerke in die Vorfluter gelangt.

Die Jahressumme der Kläranlageneinleitungen entspricht etwa einem Viertel des am Pegel Weilerswist gemessenen Jahresabflusses (1999: ca. 26,1 Mio m³; 2000: ca. 27,4 Mio m³). Im Jahresverlauf schwankt der Abwasseranteil am Pegelabfluß allerdings sehr stark zwischen 15 und 66% im Wochenmittel (Abb. 17). Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß die Abflußverhältnisse des Swist-Gewässernetzes quantitativ maßgeblich durch die Kläranlageneinleitungen sowie offenbar auch durch Regen- und Mischwasserabschläge aus der Kanalisation beeinflusst werden. Vor diesem Hintergrund ist offensichtlich, daß auch die hygienisch-mikrobiologische Qualität des Fließgewässers maßgeblich von den Kläranlageneinleitungen (und Mischwasserabschlägen) beeinflusst sein muß.

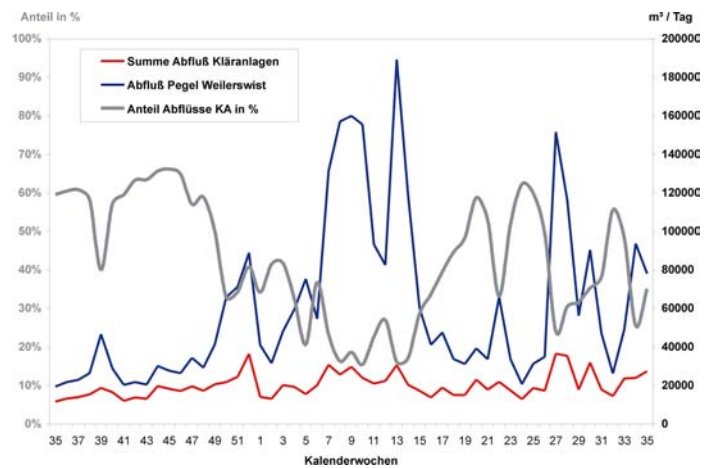


Abb. 17: Anteil der Kläranlagenabflüsse am Abfluß der Swist

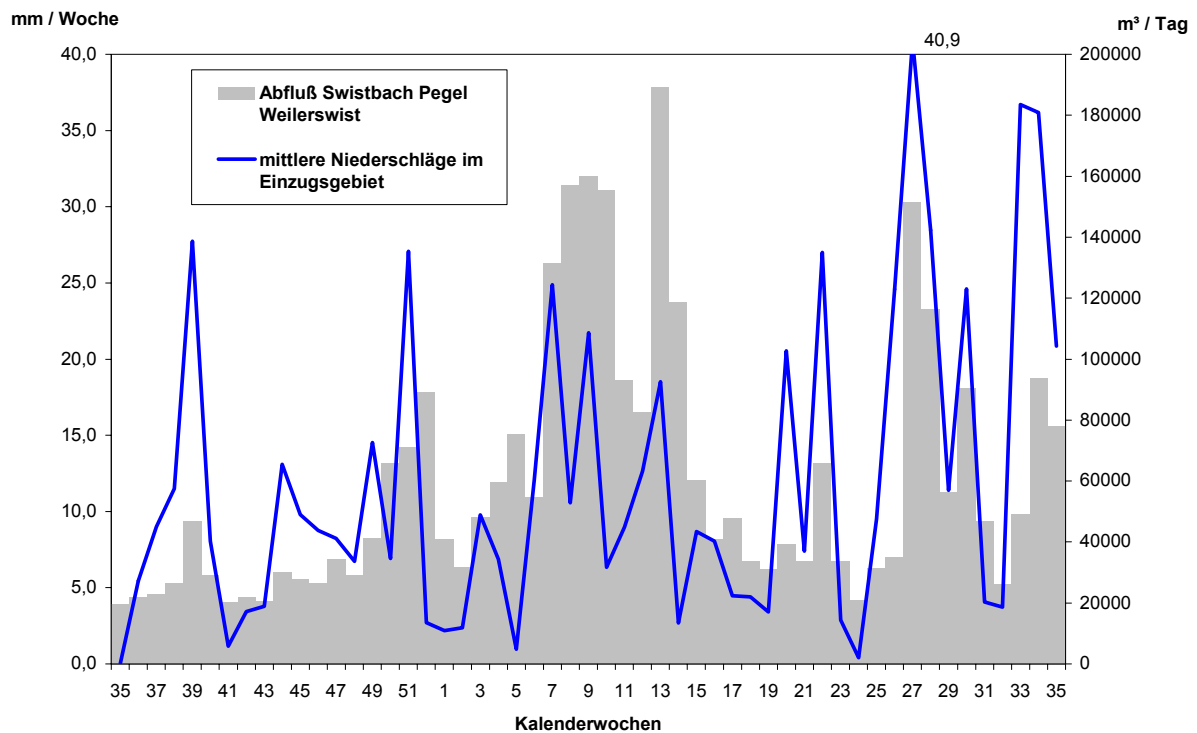


Abb. 18: Niederschlags- und Abflußverhältnisse am Pegel Weilerswist

5.1.5 Betriebsparameter der untersuchten Kläranlagen im Untersuchungsjahr

Höhe und jahreszeitliche Verteilung der Niederschlagsmengen sowie der Zu- und Abflußmengen für die ausgewählten Kläranlagen während des Untersuchungszeitraums werden in den Abbildungen 19 bis 26 dargestellt. Die ermittelten Tageswerte für die Niederschlagsmengen wurden pro Kalenderwoche aufsummiert, für Zu- und Abflußdaten wurden Wochenmittelwerte berechnet. An den Kläranlagen Loch und Hilberath wurden nur Zuflußwerte gemessen, an den Kläranlagen Hillesheim und Niederkassel nur Ablaufwerte.

5.1.5.1 KA Hillesheim

Die Kläranlage ist für einen maximalen Zulauf von 30 Liter pro Sekunde ausgelegt. Dies entspricht dem doppelten Trockenwetterzulauf (Q_{Tr}), welcher sich aus der Anzahl der Einwohnergleichwerte ableitet. Dieser maximale Zulauf wurde im untersuchten Zeitraum nie erreicht. Der einmal gemessene Spitzenwert lag bei 27,7 Liter Zulauf pro Sekunde. Nur ein weiterer Wert lag ebenfalls über 25 Litern pro Sekunde. Diese Spitzenwerte waren nie von großer Dauer: Das maximale Tagesmittel für den Zulauf liegt bei 13,8 Litern pro Sekunde. Im Tagesverlauf sind aber auch regelmäßig Zeiträume ohne Zulauf zu beobachten.

Das Tagesmittel des Zulaufs weist im Jahresverlauf nur geringe Schwankungen auf. Der Medianwert des Zulaufs liegt bei 5,5 Litern pro Sekunde. Wie bei Trennkanalisation zu erwarten, zeigt sich der Zulauf unbeeinflusst von Niederschlägen. Nur nach Regenfällen, die sich stark auf den Abfluß des Wahnbaches auswirken, zeigt sich auch ein erhöhter Zulauf zur Kläranlage. Diese Zunahme repräsentiert den Fremdwasseranteil im Zulauf, der durch Undichtigkeiten im Rohrnetz aus dem Grundwasser einsickert. Das Verhältnis von

Abflußmenge des Wahnbaches (am Pegel) zu Wassermenge der KA beträgt im Mittel 174:1. Der maximale Wert dieses Verhältnisses liegt im Februar bei 423:1 und der kleinste Wert Ende September bei 17:1.

Die folgende Abbildung zeigt die hydraulischen Parameter der Kläranlage im Zusammenhang mit den hydrologischen Daten am Pegel Wahnbach.

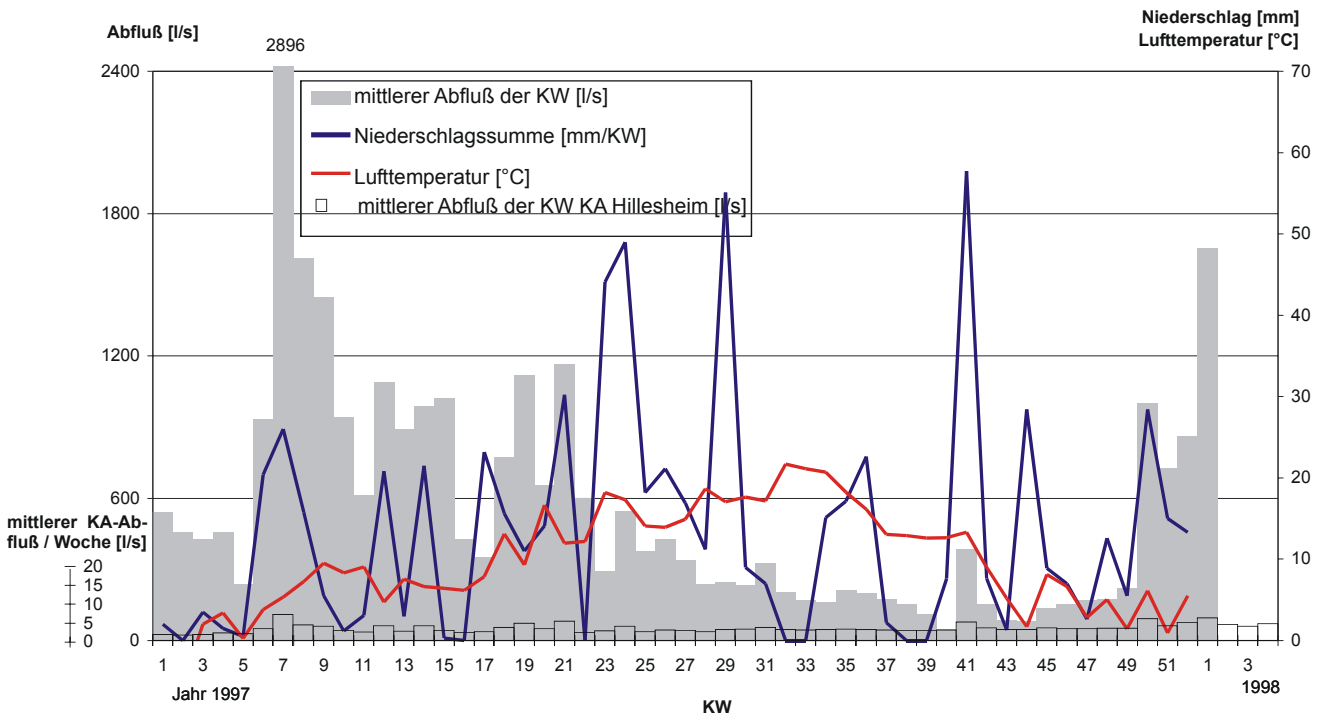


Abb. 19: Wetter- und Abflußverhältnisse am Pegel Wahnbach versus Abflußmengen der KA Hillesheim

5.1.5.2 KA Niederkassel

Der Abfluß der Kläranlage Niederkassel wies deutliche Schwankungen unabhängig von der Jahreszeit auf: Das Wochenmittel des Abflusses schwankte zwischen 29 und 117 Litern pro Sekunde. Die Extremwerte der Tagesmittel wiesen sogar maximale Abflusswerte von 237 Litern pro Sekunde auf. Im Mittel betrug der Abfluß 57 Liter pro Sekunde. Eine Erklärung für die starken, saisonunabhängigen Schwankungen konnte nicht gefunden werden. Da die Schwankungen eine gewisse Regelmäßigkeit aufweisen, scheint ein Zusammenhang mit dem Pufferungsvermögen der Kläranlage oder anderen betrieblichen Voraussetzungen gegeben.

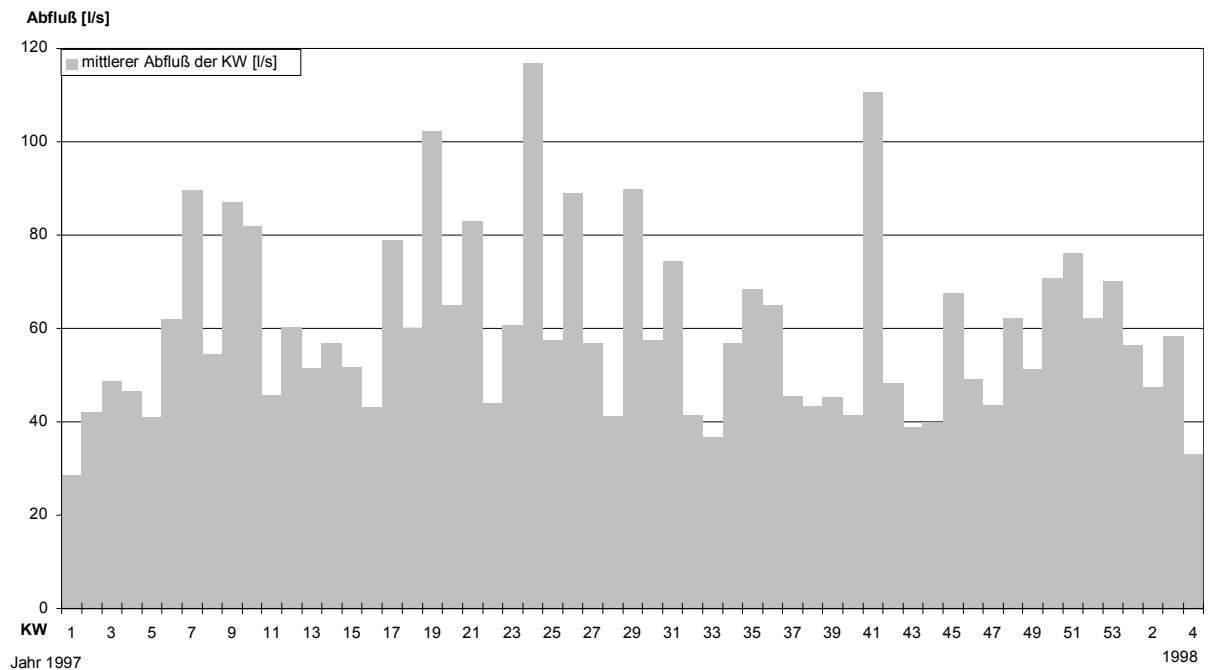


Abb. 20: Abflußmengen der Kläranlage Niederkassel

5.1.5.3 Kläranlage Hilberath

An der Kläranlage Hilberath existiert nur am Zulauf eine Mengenummessung. Bei den Probenahmen wurden dort Durchflußraten zwischen 0,25 und 1 l/s festgestellt. Insgesamt wiesen die Zuflußmengen der Kläranlage im Untersuchungszeitraum einen sehr unregelmäßigen Verlauf auf. Das Wochenmittel des Zuflusses schwankte zwischen 29 m³/Tag (19. KW 2000) und 385 m³/Tag (52. KW 1999) und betrug im Durchschnitt 114 m³/Tag (Tab. 11). In den Wintermonaten (50. KW 1999 bis 13. KW 2000) schwankten die Zuflüsse zwischen 61 m³/Tag und 385 m³/Tag, gleichgerichtet zu den Niederschlagswochensummen besonders stark. Eine Erhöhung der Niederschläge im Wochenverlauf wirkte sich leicht verzögert auf den Anstieg der Zuflüsse aus. So stieg in der 8. KW 2000 der Zufluß aufgrund erhöhter Niederschläge von 24,8 mm (7. KW 2000) auf 310 m³/Tag. Diese Beobachtung galt allerdings nur für die oben genannte Periode im Winter und Frühjahr, da die Zuflüsse der Sommermonate trotz erheblich höherer wöchentlicher Niederschlagsmengen von bis zu 61,2 mm (27. KW 2000) nie solche Ausmaße erreichten. Sie lagen maximal bei 193 m³/Tag (27. KW 2000) und schwankten lediglich zwischen 109 und 193 m³/Tag. In Abb. 21 wird diese saisonal unterschiedliche Beeinflussung der Zuflüsse durch die Niederschläge deutlich.

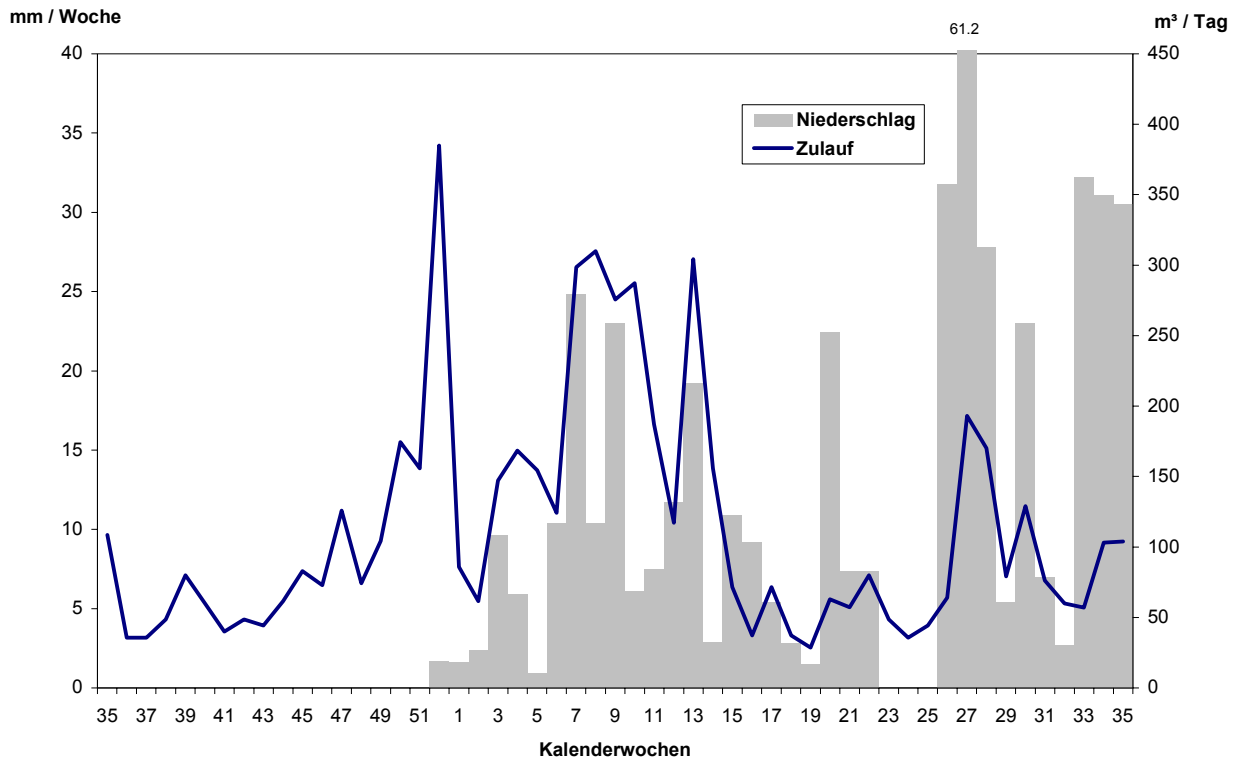


Abb. 21: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Hilberath

5.1.5.4 Kläranlage Flerzheim

An der Kläranlage Flerzheim lagen die zum Zeitpunkt der Probenahmen festgestellten Zulaufmengen (P27) zwischen 138,9 und 416,6 l/s. Am Ablauf (P28) lagen die Werte zwischen 9,2 und 375 l/s. Insgesamt wiesen die Zu- und Abflußmengen während des Untersuchungszeitraums deutliche Schwankungen auf. Das Wochenmittel des Zulaufs lag zwischen 7.238 m³/Tag (35. KW 1999) und 22.007 m³/Tag (52. KW 1999). Die Wochenmittel des Abflusses sind durchschnittlich ca. 1000 m³/Tag niedriger. Im Mittel betrug der Zufluß im gesamten Untersuchungszeitraum 11.907 m³/Tag, der Abfluß 10.916 m³/Tag. In den Wintermonaten (50. KW 1999 bis 13. KW 2000) schwankten die Zuflußmengen von 8.183 m³/Tag bis 22.007 m³/Tag gleichgerichtet zu den Niederschlagswochensummen besonders stark. Eine Erhöhung der Niederschläge im Wochenverlauf wirkte sich leicht verzögert auf einen Anstieg der Zu- und Abflüsse aus, beispielsweise stiegen in der 7. KW 2000 die Zuflüsse bei einer Niederschlagswochensumme von 22,3 mm auf 18.553 m³/Tag an. Dieser Zusammenhang konnte auch in der 9. und 13. KW 2000 beobachtet werden. In den Sommermonaten (25. bis 38. KW 2000) wirkten sich starke Niederschlagsereignisse nicht zwangsläufig auf eine Erhöhung der Zu- und Abflüsse aus. So betragen die Zuflußmengen in der 22. KW 2000 trotz einer Niederschlagswochensumme von 52,8 mm nur 12.669 m³/Tag. Diese saisonale Differenzierung des Zu- und Abflußverhaltens ist in Abb. 22 dargestellt.

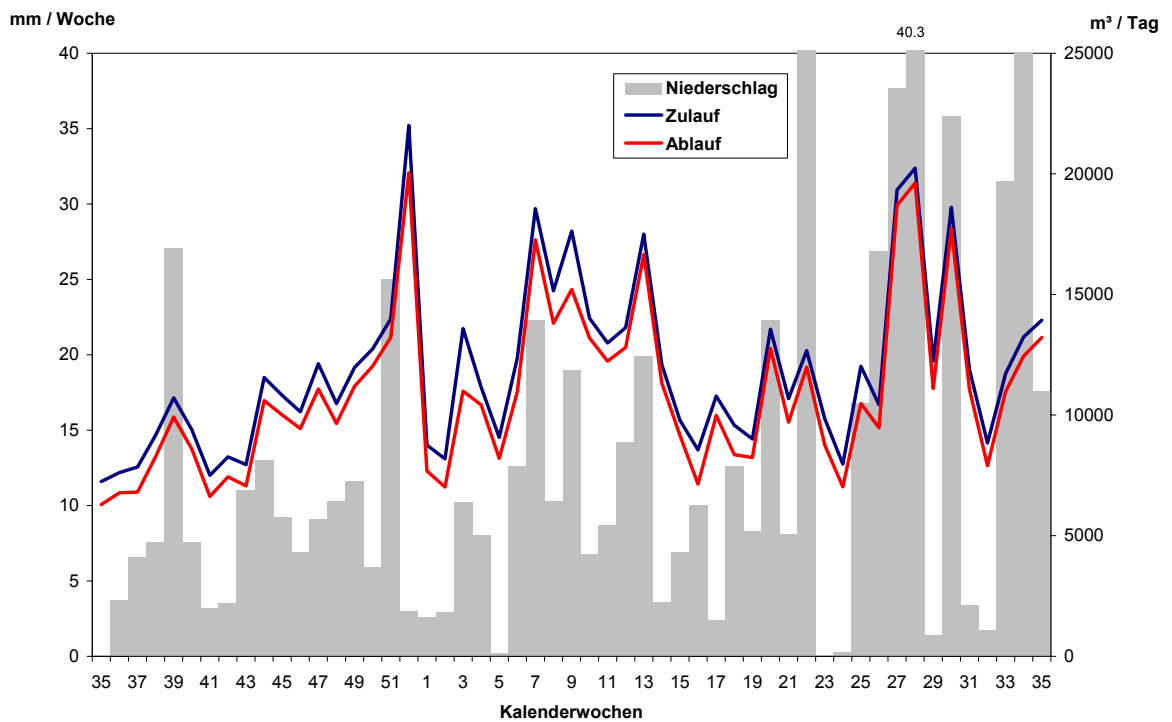


Abb. 22: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Flerzheim

5.1.5.5 Kläranlage Rheinbach

Zum Zeitpunkt der Probenahmen lag die Wassermenge im Zulauf der Kläranlage Rheinbach (P30) zwischen 46,6 und 250 l/s. Im Ablauf (P31) betrug die Spanne 38,8 bis 196,9 l/s. Im gesamten Untersuchungszeitraum waren die Zu- und Abflusssmengen sehr unregelmäßig. Das Wochenmittel des Zulaufs schwankte von 3.125 m³/Tag in der 41. KW 1999 bis zu 12.259 m³/Tag in der 52. KW 1999 und betrug im Untersuchungszeitraum durchschnittlich 5.264 m³/Tag. Der Abfluß war mit durchschnittlich 4.990 m³/Tag nur etwas niedriger (Tab. 11). Von Dezember 1999 bis Mai 2000 (51. KW 1999 bis 19. KW 2000) war ein gleichgerichteter Verlauf der Zu- und Abflüsse und Niederschläge erkennbar. Das Maximum der wöchentlichen Niederschlagssumme betrug in dieser Periode lediglich 29,4 mm. Von Juni bis September 2000 (25. KW bis 38. KW 2000) nahmen die wöchentlichen Niederschläge erheblich zu und erreichten maximal 54,6 mm (34. KW 2000). Zu- und Abflüsse waren in diesem Untersuchungszeitraum wesentlich geringer und betrugen maximal 11.048 m³/Tag (27. KW 2000). Eine deutliche Steigerung der Niederschläge im Sommer wirkte sich demzufolge nicht auf eine Zunahme der Zu- und Abflusssmengen aus. Diese saisonale Differenzierung des Zu- und Abflußverhaltens wird durch Abbildung 23 deutlich.

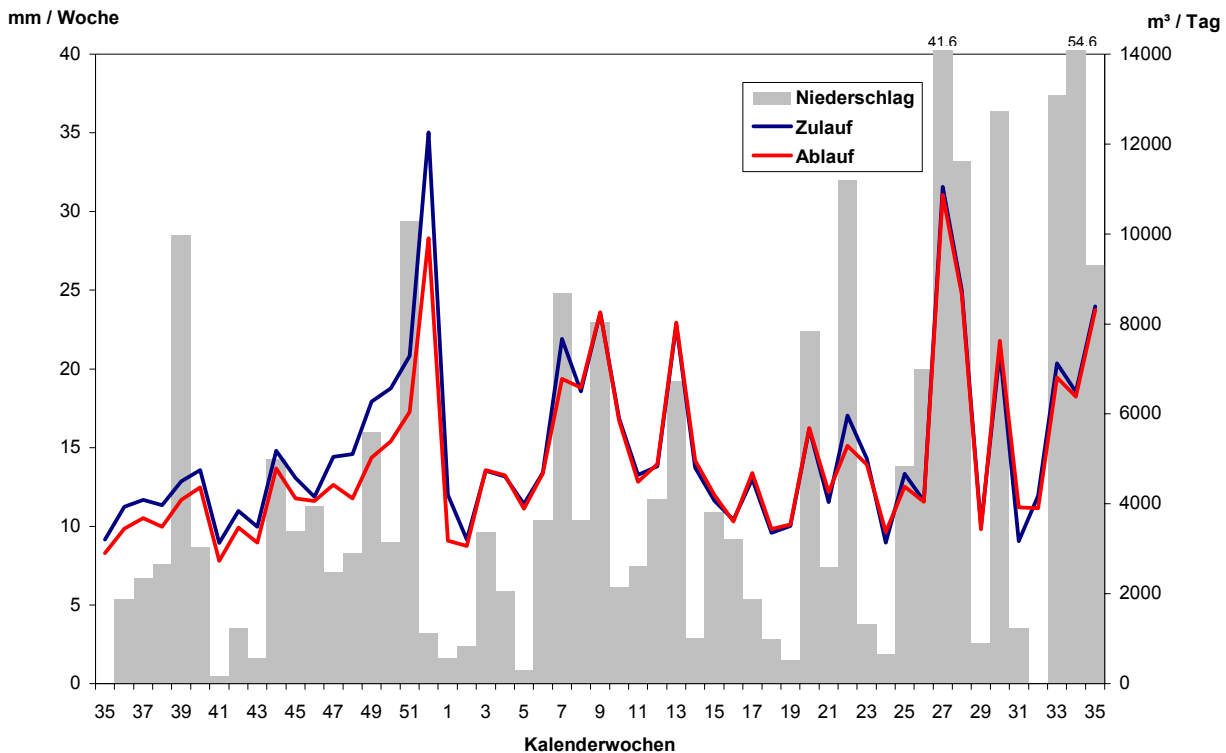


Abb. 23: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Rheinbach

5.1.5.6 Kläranlage Miel

Im Zulauf der Kläranlage Miel (P32) betrug die Durchflußrate jeweils zum Zeitpunkt der Probenahme 23 bis 108 l/s. Der Ablauf (P33) lag zwischen 19 und 52 l/s. Die Zu- und Abflußmengen der Kläranlage Miel wiesen im gesamten Untersuchungszeitraum einen sehr unregelmäßigen Verlauf auf. Das Wochenmittel des Zulaufs schwankte zwischen 1.519 m³/Tag in der 24. KW 2000 und zu 4.637 m³/Tag in der 28. KW 2000 und betrug durchschnittlich 2.601 m³/Tag. Das Wochenmittel des Ablaufes betrug durchschnittlich 2.337 m³/Tag und lag damit im gesamten Untersuchungszeitraum ca. 300 m³/Tag niedriger als das Wochenmittel des Zulaufs (Tab. 11). Von Oktober 1999 bis Mai 2000 (40. KW 1999 bis 21. KW 2000) waren die Niederschläge mit maximal 25,4 mm (51. KW 1999) wesentlich niedriger als in den darauffolgenden Sommermonaten. Zu- und Abflüsse verliefen gleichgerichtet zu den Niederschlägen und unterschritten nie einen Wert von 1.300 m³/Tag (41. KW 1999). Von Juni bis August 2000 (22. KW bis 35. KW 2000) nahmen die wöchentlichen Niederschläge erheblich zu und erreichten maximal 50,8 mm (33. KW 2000). Mit dieser Steigerung der wöchentlichen Niederschlagssummen war jedoch nicht zwangsläufig eine ebenso deutliche Zunahme der Zu- und Abflüsse verbunden. Diese saisonale Differenzierung des Zu- und Abflußverhaltens ist in Abbildung 24 dargestellt.

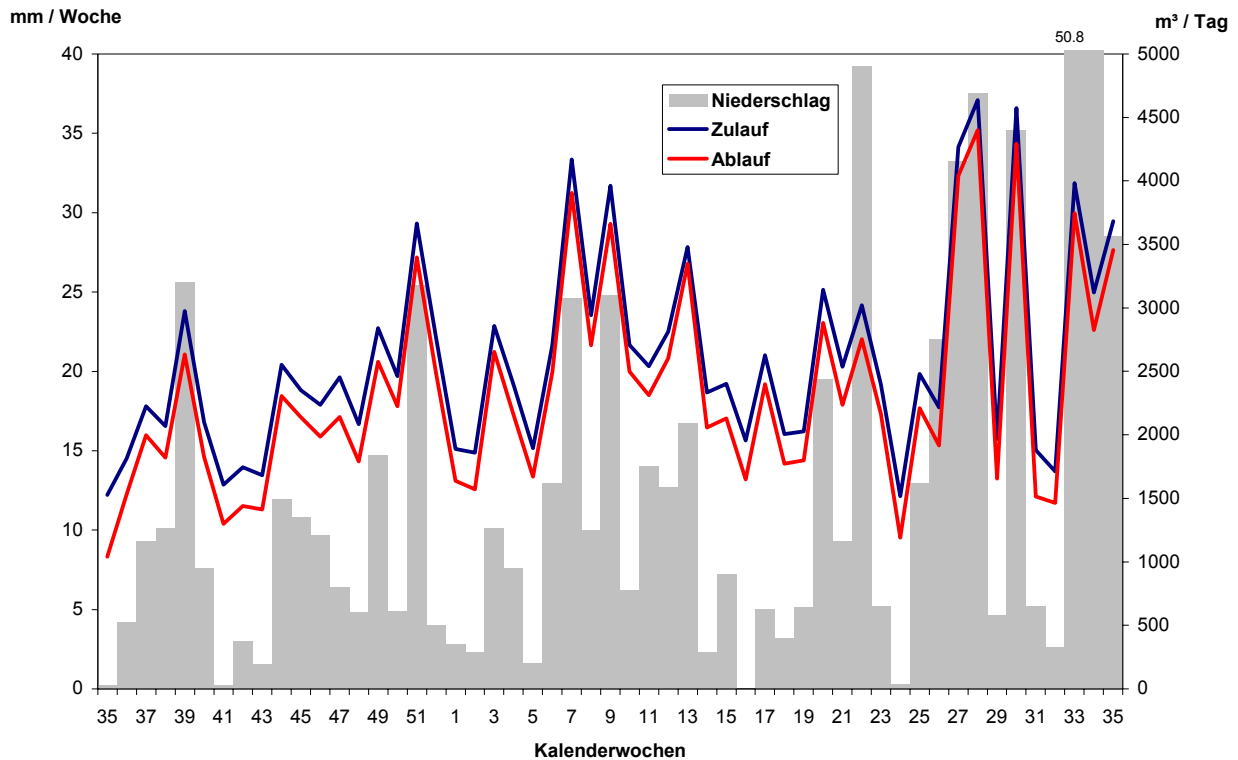


Abb. 24: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Miel

5.1.5.7 Kläranlage Loch

An der Kläranlage Loch gibt es nur am Zulauf eine Mengenummessung. Entsprechende Werte für den Ablauf fehlen. Zum Zeitpunkt der Probenahmen wurden am Zulauf der Kläranlage Loch (P34) Wassermengen zwischen 2 und 7,4 l/s abgelesen. Im gesamten Untersuchungszeitraum wiesen die Zuflußmengen einen sehr unregelmäßigen Verlauf auf. Das Wochenmittel schwankte zwischen 150 m³/Tag (32. KW 2000) und 1.003 m³/Tag (52. KW 1999) und betrug durchschnittlich 393 m³/Tag (Tab. 11). Von der 44. KW 1999 bis zur 15. KW 2000 waren die Zuflüsse sehr unregelmäßig. Die Werte variierten von 224 m³/Tag (2. KW 2000) bis 1.003 m³/Tag (52. KW 1999), verhielten sich jedoch gleichgerichtet zu den Niederschlagswerten. In der Periode der Sommermonate von der 26. KW 2000 bis zur 35. KW 2000 betragen die Zuflüsse trotz erheblich höherer Niederschlagsmengen von maximal 70,9 mm höchstens 621 m³/Tag (27. KW 2000). Ein gleichgerichteter Verlauf von Zu- und Abflüssen war hier nur im Ansatz erkennbar. Diese saisonale Differenzierung der Zuflüsse unter bestimmten Niederschlagsbedingungen wird in Abbildung 25 deutlich.

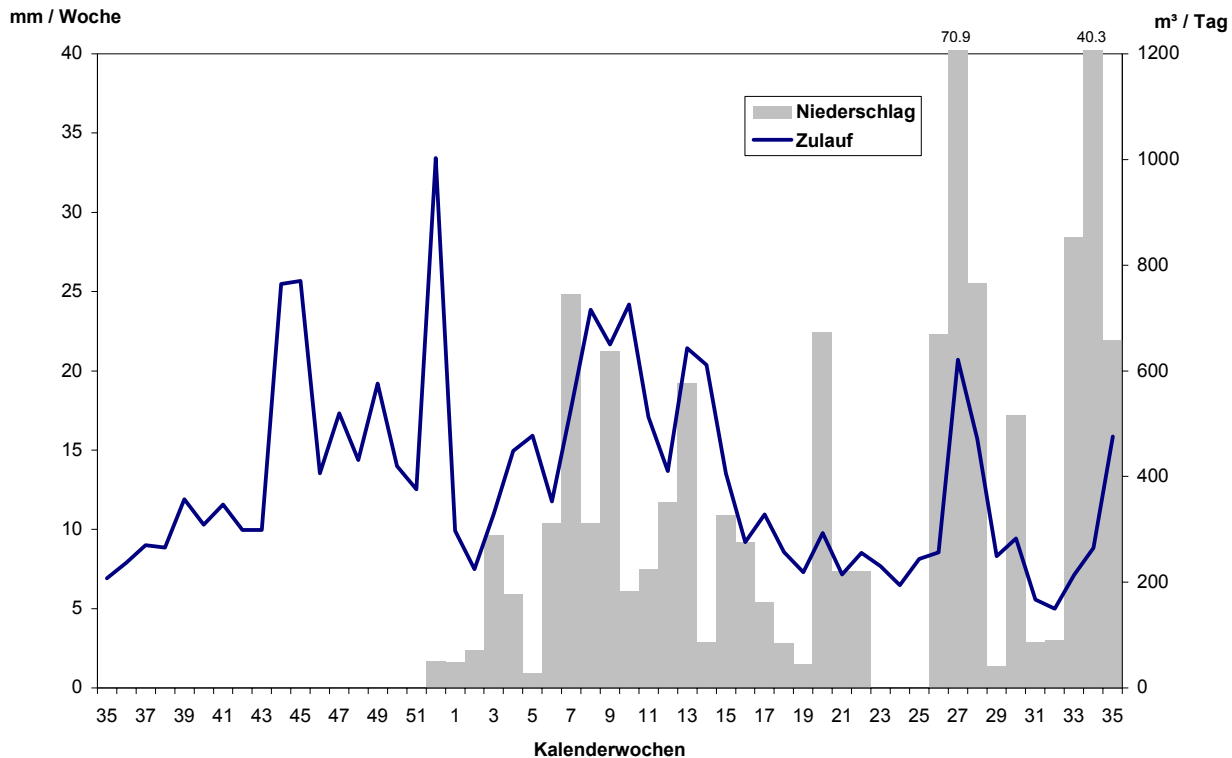


Abb. 25: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Loch

5.1.5.8 Kläranlage Heimerzheim

An der Kläranlage Heimerzheim wurden während der Probenahmen an P36 Zuläufe zwischen 8,7 und 153 l/s abgelesen. Die Abläufe (P37) betragen 13,7 bis 109 l/s. Die Wassermengen der Kläranlage Heimerzheim wiesen deutliche Schwankungen während des Untersuchungszeitraums auf. Das Wochenmittel des Zulaufs lag zwischen 840m³/Tag (35. KW/1999) und 2.434 m³/Tag (52 KW/1999). Die Extremwerte der Tagesmittel lagen bei 447 m³/Tag (1. KW/2000) und 7.462 m³/Tag (13 KW/2000). Im Mittel betrug der Zufluß im Untersuchungszeitraum 1.342 m³/Tag. In den Monaten April bis Juni 2000 (14. KW 2000 bis 26. KW 2000) bewegten sich Zu- und Abflußmengen auf einem recht stetigen Niveau. Sie reichten bei den Zuflüssen von 991 m³/Tag (16. KW 2000) bis maximal 1.401 m³/Tag (22. KW 2000). Die extrem hohen Zu- und Abflußwerte in der 52. KW 1999 sowie in der 7. und 9. KW 2000 wiesen auf eine saisonal stärker ausgeprägte Reaktion der Zu- und Abflüsse auf die Niederschlagsereignisse in den Wintermonaten hin, da die Zuflüsse der Sommermonate trotz erheblich höherer wöchentlicher Niederschlagsmengen nicht so starke Ausmaße erreichten. Eine Erhöhung der Niederschläge war also nicht mit einer ebenso starken Zunahme der Zu- und Abflüsse verbunden. So beliefen sich die Zu- und Abflußmengen beispielsweise in der 29. KW 2000 trotz einer Niederschlagswochensumme von 53 mm nur auf 1.165 m³/Tag.

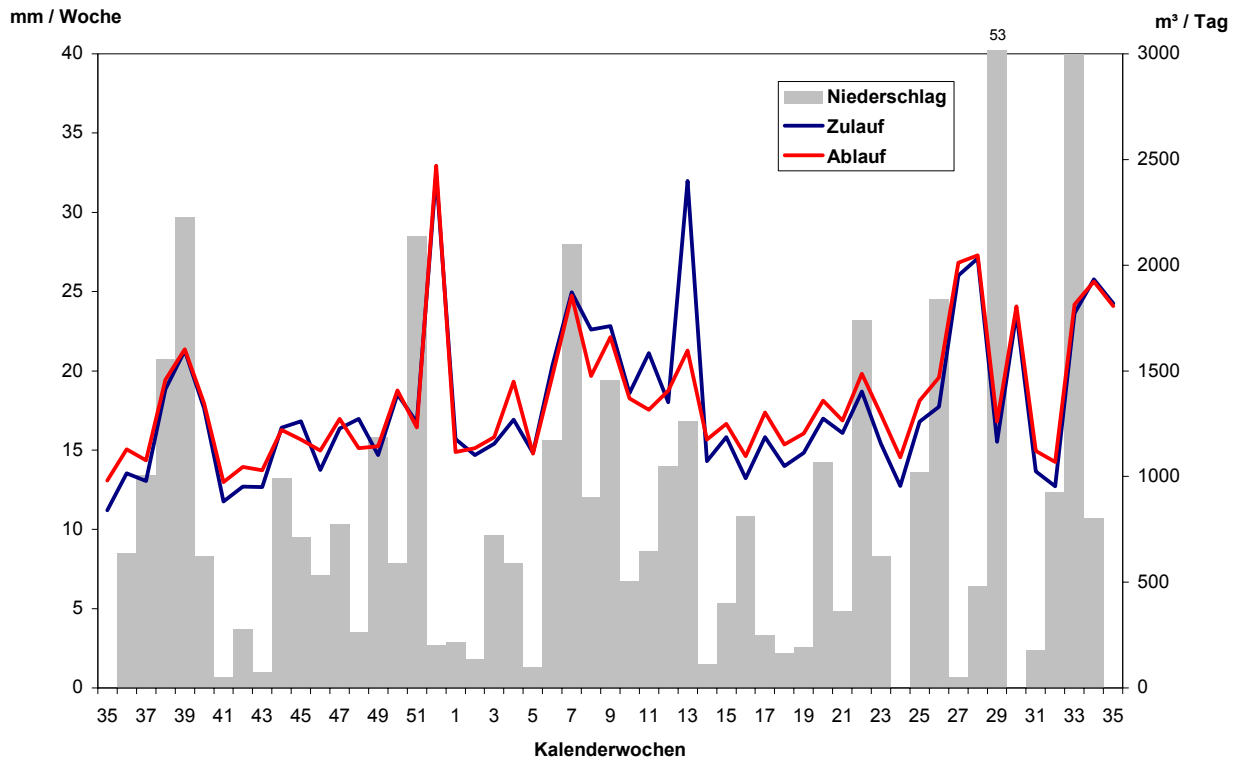


Abb. 26: Niederschlag und Zu- und Ablauf an der Kläranlage Heimerzheim

Tabelle 11: Zusammenfassung der Kläranlagen-Betriebsbedingungen

Kommune	Kläranlage	Anlage- volumen [m³]	Zulauf [m³/Tag]			Ablauf [m³/Tag]			Σ Nieder- schläge [mm]
			Min	Max	Mittelwert	Min	Max	Mittelwert	
Stadt Meckenheim	Flerzheim	23.382	7.238	22.007	11.907	6.283	20.042	10.916	682,4
Stadt Rheinbach	Rheinbach	13.000	3.125	12.259	5.264	2.736	10.872	4.990	674,2
	Loch	312	150	1.003	393	k.A.	k.A.	k.A.	437,1 ¹
	Hilberath	308	29	385	114	k.A.	k.A.	k.A.	457,8 ¹
Gemeinde Swisttal	Miel	5.667	1.519	4.637	2.601	1.040	4.399	2.337	669,8
	Heimerzheim	5.446	840	2.434	1.342	974	2.470	1.364	568,9

¹ Erfassung der Niederschlagswerte für die Kläranlagen Hilberath und Loch ab der 52. KW 1999 bis zur 35. KW 2000

5.2 Parasitologische Untersuchungen

5.2.1 Untersuchungen in Gewässern

5.2.1.1 Nauholzbach Pegel

Nauholzbach Pegel

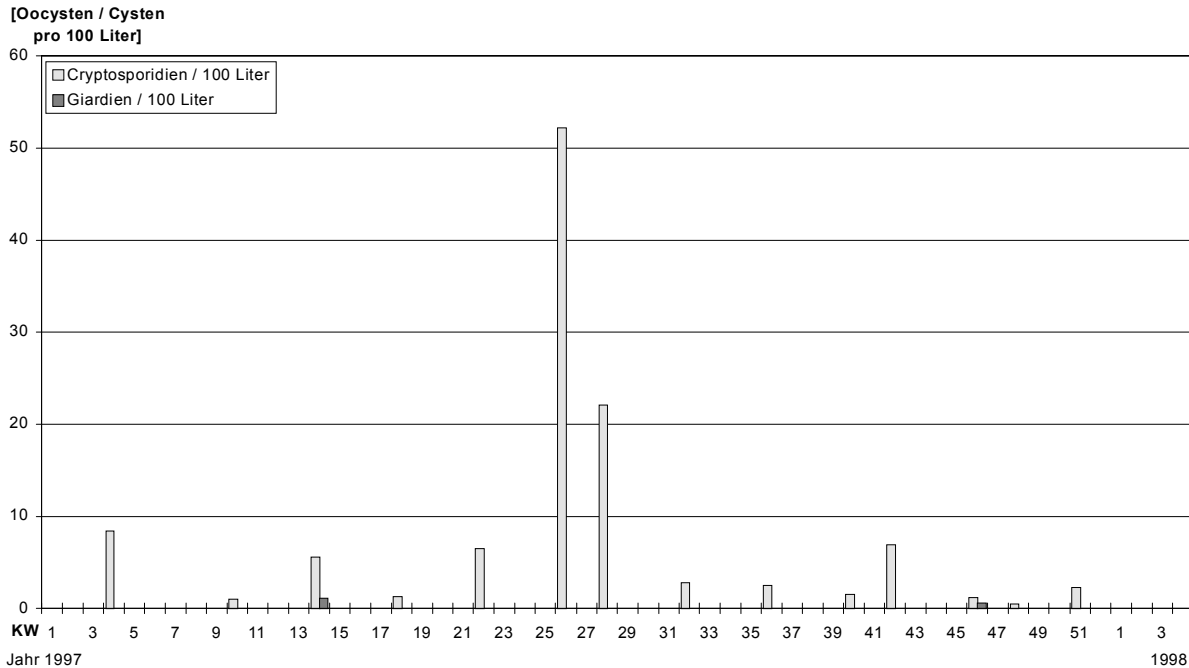
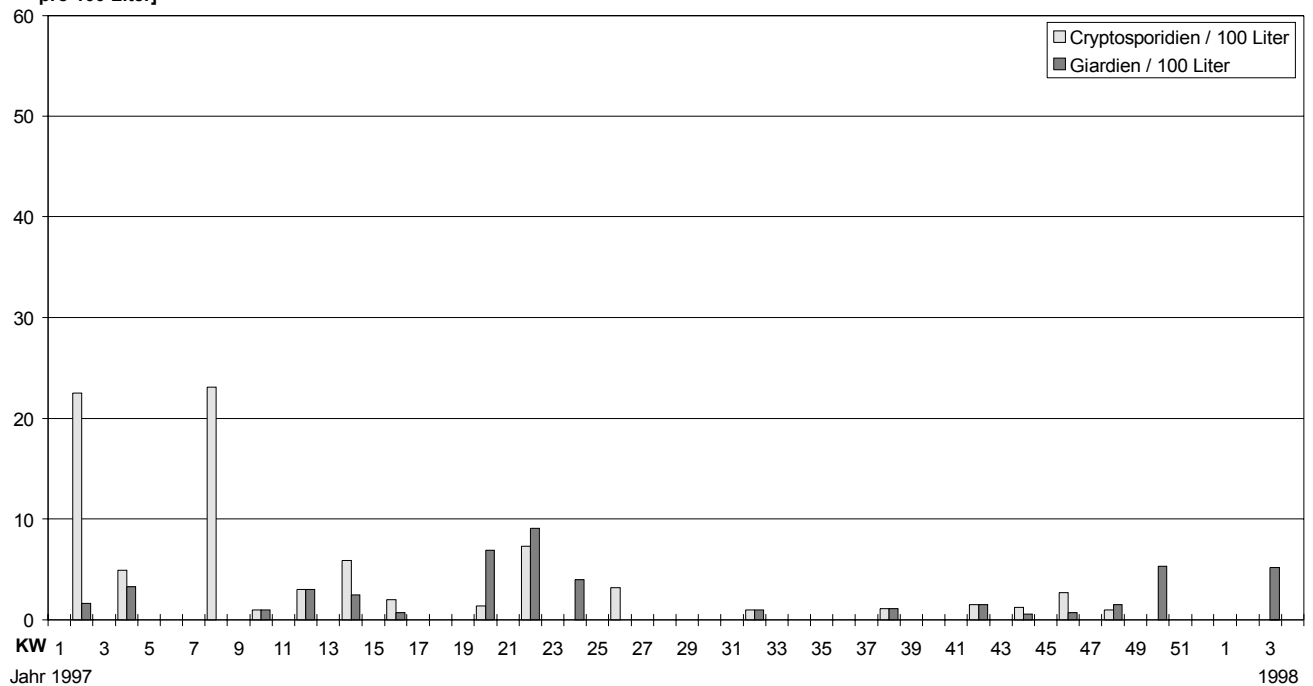


Abb. 27: Parasitendauerformen in Regelproben am Pegel Nauholzbach

Im Rahmen der regelmäßigen Beprobung wurden am Nauholzbach (Stelle P1) 16 parasitologische Proben genommen. In 14 Proben konnten Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden, in zweien zusätzlich Cysten von *Giardia lamblia*. In zwei Proben konnten keinerlei Parasitendauerformen nachgewiesen werden. Die nachgewiesenen *Cryptosporidium*-Konzentrationen schwankten zwischen 1,2 und 52,2 Oocysten./100 L. bei einem Medianwert von 2,7, die beiden gemessenen *Giardia*-Konzentrationen lagen bei 1,1 und 0,6 Cysten/100 L.; Der Median lag hier bei 0. Abgesehen von zwei "Ausreißern" im Sommer nach kurzen Niederschlägen lagen die Werte für Oocysten von *Cryptosporidium sp.* immer unter zehn.

5.2.1.2 Wahnbach Pegel

Von den 23 Proben an der Stelle P2, Wahnbach Pegel, ergaben jeweils 16 einen positiven Nachweis auf Oocysten von *Cryptosporidium sp.* und Cysten von *Giardia lamblia*. Beide Parasiten gemeinsam wurden in 13 Proben nachgewiesen, in vier Proben gelang kein Nachweis. Die gemessenen *Cryptosporidium*-Konzentrationen betragen 1,1 bis 23,1 Ooc./100 L., die gemessenen *Giardia*-Konzentrationen 0,6 bis 9,1 C./100 L. Die Medianwerte betragen für beide Parasitendauerformen 1,5.

Wahnbach Pegel[Oocysten / Cysten
pro 100 Liter]**Abb. 28: Parasitendauerformen in Regelproben am Pegel Wahnbach****5.2.1.3 Kall Pegel**

Von den 28 Routineproben am Pegel Kall (P10) erbrachten 22 einen positiven Nachweis von *Cryptosporidium* sp.-Oocysten. In 15 Proben wurden Cysten von *Giardia lamblia* nachgewiesen, in 14 Proben konnten beide Parasitendauerformen zusammen nachgewiesen werden. Fünf Proben waren negativ. Die nachgewiesenen *Cryptosporidium*-Konzentrationen schwankten zwischen 0,6 und 65,6 auf 100 Liter bei einem Median-Wert von 2,9, die nachgewiesenen *Giardia*-Konzentrationen zwischen 0,6 und 11,1 bei einem Median von 0,8. Bis auf vier Ergebnisse lagen die *Cryptosporidium*-Werte nicht über 10, die Werte für *Giardia lamblia* lagen, abgesehen von dem Maximalwert, immer unter 6.

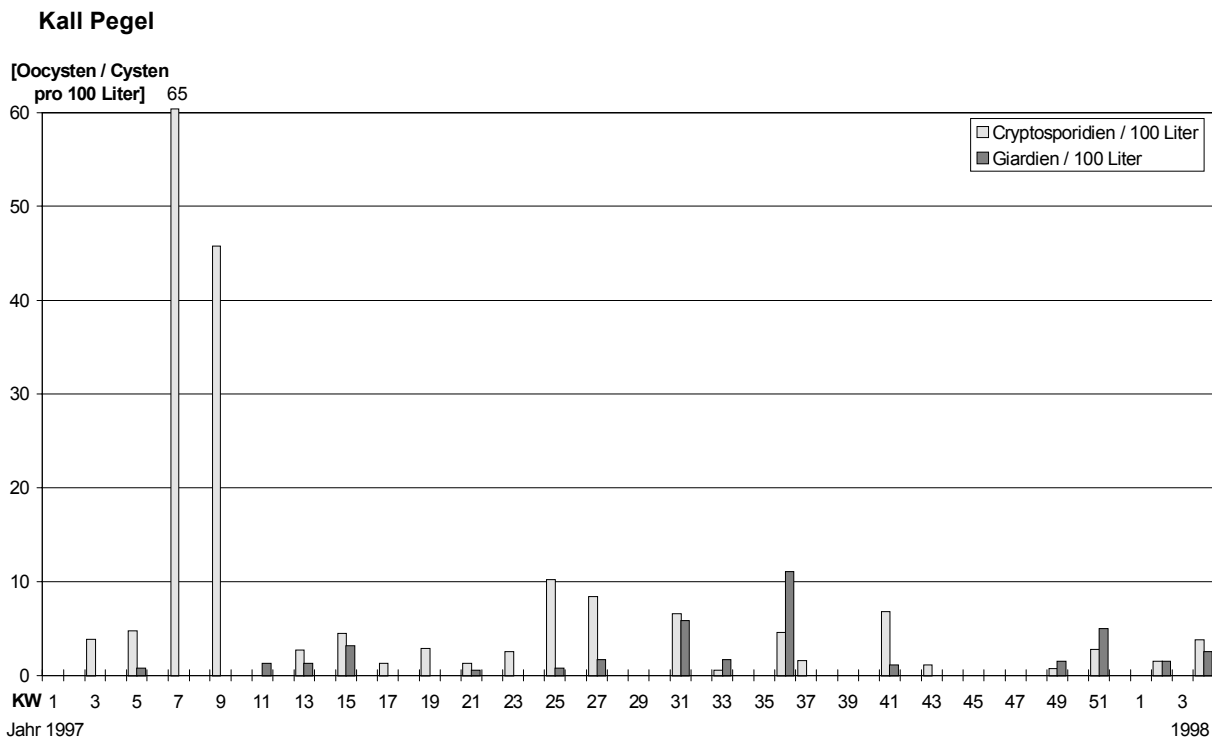


Abb. 29: Parasitendauerformen in Regelproben am Pegel Kall

5.2.1.4 Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kalttalsperre

Insgesamt wurden 45 Proben im Einzugsgebiet parasitologisch ausgewertet. Die höchsten Konzentrationen von Oocysten von *Cryptosporidium sp.* wurden an der Probenahmestelle Hoscheit mit 22,4 Ooc./100 L. gemessen, die höchsten *Giardia*-Konzentrationen an der Stelle Roßbach mit 33,2 Cysten in 100 Litern. Aufgrund der geringen Anzahl von Untersuchungen pro Meßstelle ist die Berechnung eines Medianwertes an diesen Stellen statistisch nicht sinnvoll.

5.2.1.4.1 Entenpfuhl

In allen fünf Proben von der Stelle P3 konnten Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden, in zwei zusätzlich Cysten von *Giardia lamblia*. Die Werte für *Cryptosporidium sp.* lagen zwischen 0,6 und 14,9 Ooc./100 L., die nachgewiesenen Konzentrationen für *Giardia lamblia* lagen zwischen 1,2 und 3,9.

5.2.1.4.2 Hoscheit

In den vier Proben der Probenahmestelle P4 wurden immer Cysten von *Giardia lamblia* und dreimal Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen. Das Maximum der Cryptosporidien-Belastung lag bei 22,4 Ooc./100 L., die kleinste meßbare Konzentration bei 0,6. Die Werte für *Giardia lamblia* schwankten zwischen 1,9 und 7,5 C./100 L.

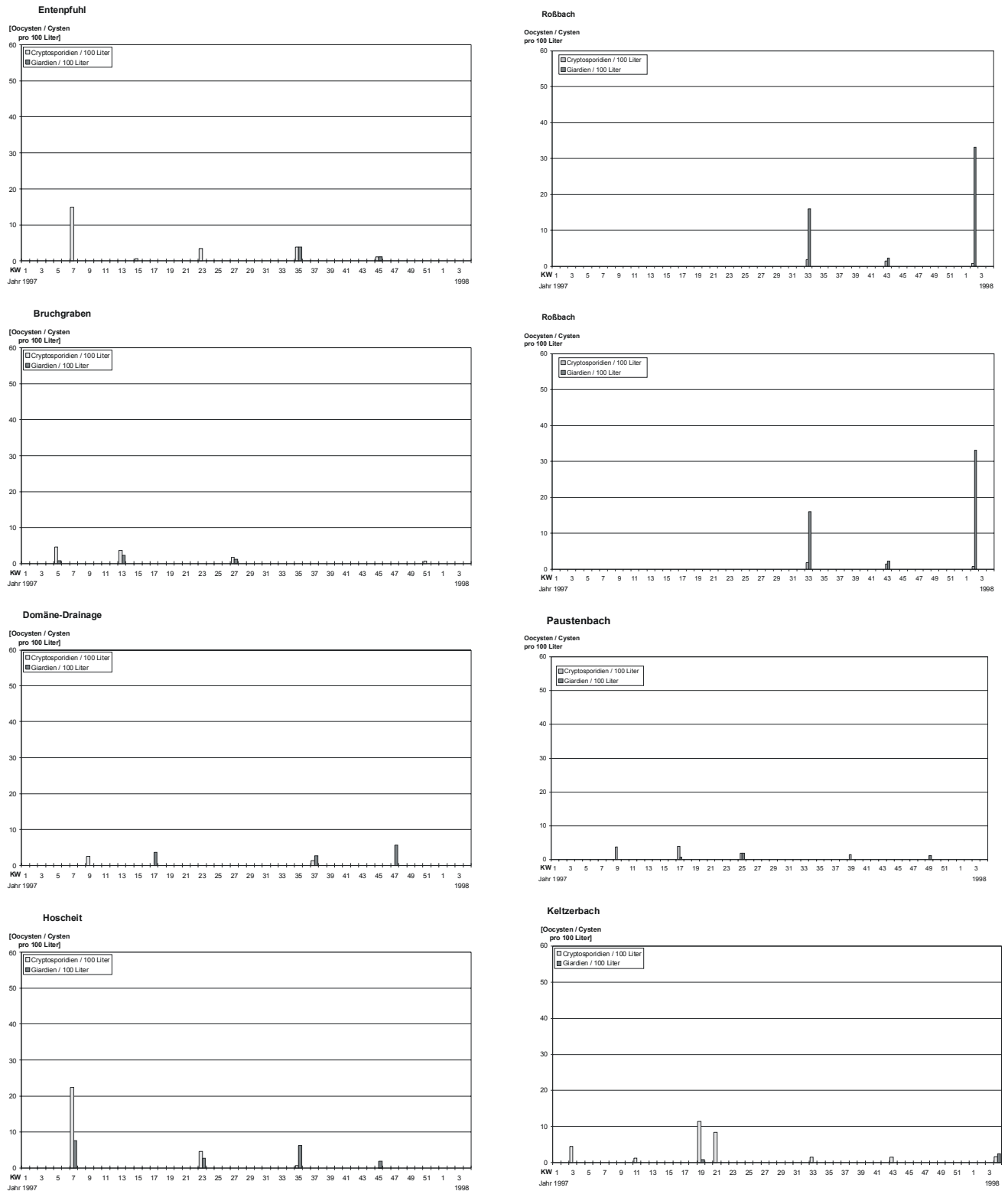


Abb. 30: Parasiten-Gehalte ausgewählter Stellen im Einzugsgebiet der Kall

Auf der X-Achse jeweils die Kalenderwochen, auf der Y-Achse jeweils die Parasitendauerformen pro 100 Liter in 10-er Intervallen

- Cryptosporidien / 100 Liter
- Giardien / 100 Liter

5.2.1.4.3 Bruchgraben

In allen vier Proben aus dem Bruchgraben (P5) konnten Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden, in dreien zusätzlich Cysten von *Giardia lamblia*. Die gemessenen *Cryptosporidium*-Konzentrationen schwankten zwischen 0,8 und 4,8, die von *Giardia lamblia* zwischen 0,8 und 2,2 auf 100 Liter.

5.2.1.4.4 Fischbach

Am Fischbach (P6) wurden fünf Proben genommen, von denen alle einen positiven Nachweis von *Cryptosporidium* erbrachten. Vier der Proben enthielten zusätzlich Cysten von *Giardia lamblia*. *Cryptosporidium*-Oocysten waren in Konzentrationen zwischen 1,5 und 6,7 / 100 L nachweisbar, die gemessenen *Giardia*-Konzentrationen betragen 0,7 bis 9,3.

5.2.1.4.5 Kall vor Paustenbach

Diese Stelle (P7) wurde erst im April in das Untersuchungsprogramm aufgenommen und daher nur dreimal untersucht. In allen drei Proben konnten sowohl Oocysten von *Cryptosporidium sp.* wie auch Cysten von *Giardia lamblia* nachgewiesen werden. Die Konzentrationen von *Cryptosporidium sp.* schwankten zwischen 0,5 und 0,8 Ooc./100 L., die Konzentrationen von *Giardia lamblia* lagen zwischen 0,5 und 3,1.

5.2.1.4.6 Paustenbach

Die Probenahmestelle P8 wurde sechsmal beprobt. In vier Proben konnten Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden, in dreien Cysten von *Giardia lamblia*. In zwei dieser Proben waren beide Parasitendauerformen enthalten. In einer Probe konnten keine Parasitendauerformen nachgewiesen werden. Die gemessenen Konzentrationen von *Cryptosporidium sp.* betragen zwischen 1,5 und 3,9 Ooc./100 L., von *Giardia lamblia* zwischen 0,7 und 1,9 C./100 L.

5.2.1.4.7 Roßbach

Die Stelle P9 wurde ebenfalls erst im April in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. In allen drei dort genommenen Proben wurden sowohl Oocysten von *Cryptosporidium sp.* wie auch Cysten von *Giardia lamblia* gefunden. Die Zahl der Ooc./100 L. schwankte zwischen 0,7 und 1,8, die der Cysten zwischen 2,2 und 33,2.

5.2.1.4.8 Domäne Drainage

Der Drainage-Graben unterhalb der Domäne (P11) wurde fünfmal beprobt. In einer der Proben wurden nur Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen, in zweien nur Cysten von *Giardia lamblia* und in einer Probe beide. In einer Probe waren keinerlei Parasitendauerformen nachweisbar. Die Belastung mit *Cryptosporidium* erreichte maximal 2,5, die Belastung mit *Giardia lamblia* maximal 5,7 Oocysten bzw. C./100 L.

5.2.1.4.9 Keltzerbach linker Arm

Auch diese Probenahmestelle (P12) wurde erst im April nachträglich mit aufgenommen. Sie wurde daher nur dreimal beprobt. In zwei Proben wurden Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen, in der dritten

Cysten von *Giardia lamblia*. Die gemessenen Konzentrationen von *Cryptosporidium sp.* betragen 0,8 bzw. 1,1, die von *Giardia lamblia* 1,1 Oocysten bzw. C./100 L.

5.2.1.4.10 Keltzerbach

Die Stelle Keltzerbach (P13) wurde siebenmal beprobt. In allen Proben konnten Oocysten von *Cryptosporidium sp.* gefunden werden, in zwei Proben zusätzlich Cysten von *Giardia lamblia*. Die Werte für *Cryptosporidium sp.* schwankten zwischen 1,3 und 11,4 Ooc./100 L., die Werte für *Giardia lamblia* betragen 0,9 bzw. 2,5 C./100 L.

5.2.1.5 Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist

Insgesamt wurden 30 Proben im Einzugsgebiet der Swist parasitologisch ausgewertet. Die höchsten Konzentrationen für beide Parasitendauerformen wurden an den Probenahmestellen Dünstekoven (P21) und Heimerzheim (P22) gemessen, und zwar 28 bzw. 22 Oocysten von *Cryptosporidium sp.* und 132 bzw. 117 Cysten von *Giardia* in 100 Litern. Aufgrund der geringen Anzahl von Untersuchungen pro Meßstelle ist die Berechnung eines Medianwertes an diesen Stellen statistisch nicht sinnvoll.

5.2.1.5.1 Swist oberhalb Holzweiler

An der quellnächsten Stelle, P14 oberhalb Holzweiler, konnten Cryptosporidien in zwei der vier Proben nachgewiesen werden mit Konzentrationen von 4 bzw. 7 Oocysten / 100 L. *Giardia lamblia* wurde in drei der vier Proben in Konzentrationen von 5,9 bis 14 C./100 L. nachgewiesen.

5.2.1.5.2 Swist oberhalb KA Flerzheim (Lüftelberg)

In Lüftelberg, P15 oberhalb der Kläranlage Flerzheim, konnte bei vier Proben ebenfalls nur zweimal *Cryptosporidium* nachgewiesen werden, mit 8,7 bzw. 9,5 Ooc./100 L. *Giardia* wurde ebenfalls in zwei Proben gefunden. Die Konzentrationen lagen hier bei 2,9 bzw. 9,4 C./100 L.

5.2.1.5.3 Swist unterhalb KA Flerzheim (Müttinghoven)

Auch in den vier Proben unterhalb der Kläranlage Flerzheim (P18) wurde *Cryptosporidium* nur zweimal nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen etwas niedriger als oberhalb der KA bei 5 bzw 3,4 Ooc./100 L. Dauerstadien von *Giardia lamblia* konnten immer nachgewiesen werden in Konzentrationen zwischen 8 und 71 C./100 L.

5.2.1.5.4 Swist unterhalb KA Miel, oberhalb B56

Unterhalb der Kläranlage Miel (P20) konnte *Cryptosporidium* in drei der vier Proben nachgewiesen werden, in Konzentrationen von 1,1 bis 19 Ooc./100 L. Der Nachweis von *Giardia* gelang in allen Proben mit Konzentrationen zwischen 12 und 73 C./100 L.

5.2.1.5.5 Swist oberhalb KA Heimerzheim (Dünstekoven)

An der Stelle P21 oberhalb Kläranlage Heimerzheim, wurden in vier Proben dreimal *Cryptosporidien* gefunden mit 1,6 bis 28 Ooc./100 L. *Giardia lamblia* wurde in allen vier Proben in Konzentrationen zwischen 28 und 132 C./100 L. gefunden

5.2.1.5.6 Swist unterhalb KA Heimerzheim (Heimerzheim)

Unterhalb der Kläranlage Heimerzheim (P22) gelang in allen vier Proben der Nachweis von *Cryptosporidium*. Die Konzentrationen lagen zwischen 2,1 und 22 Ooc./100 L. Auch *Giardia lamblia* war in jeder der vier Proben in Konzentrationen zwischen 13 und 117 C./100 L. enthalten.

5.2.1.5.7 Sürst, ober- und unterhalb der KA Loch

Am Sürstbach oberhalb der Kläranlage Loch (P16) wurden *Cryptosporidien* in einer der beiden Proben mit 5,1 Ooc./100 L. nachgewiesen, unterhalb (P17) in beiden Proben; die Konzentrationen betragen 0,7 und 19 Ooc./100 L.

Giardia lamblia wurde ober- und unterhalb der Kläranlage jeweils in beiden Proben gefunden. Oberhalb betragen die Konzentrationen 0,6 und 17,4 C./100 L., unterhalb 30 und 96 C./100 L.

5.2.1.5.8 Wallbach

In den beiden untersuchten Proben vom Wallbach konnte *Cryptosporidium* einmal mit 2,4 Ooc./100 L. nachgewiesen werden.

Giardia lamblia wurde mit 16,8 bzw. 43,4 C./100 L. in beiden Proben nachgewiesen.

5.2.2 Starkregenereignisse

5.2.2.1 Nauholzbach Pegel

Am Nauholzbach wurden zwei Niederschlagsereignisse beprobt, und zwar am 9.10. und am 12.12.1997. Alle drei im Oktober entnommenen Proben erbrachten keinen Nachweis von Cysten von *Giardia lamblia*. Die *Cryptosporidium*-Konzentrationen stiegen über die drei Proben von 10,4 um 8:30 Uhr auf 26,6 / 100 L um 15 Uhr an.

Bei dem Regenereignis im Dezember wurden vier Proben entnommen, in denen ebenfalls kein Nachweis von *Giardia lamblia* möglich war. Diese Proben enthielten sehr viel Feinsediment, welches die mikroskopische Auswertung stark störte und dazu führte, daß die zweite Probe aus der Reihe (16:10 Uhr) nicht mit der nötigen Sicherheit ausgewertet werden konnte. Die übrigen Proben ergaben *Cryptosporidium*-Konzentrationen von 11,4 (13:40 Uhr), 35,5 (20:15 Uhr) und 9,9 Oocysten (23:05 Uhr) auf 100 Liter.

Ereignisprobenahme am 9.10.1997 Nauholzbach Pegel

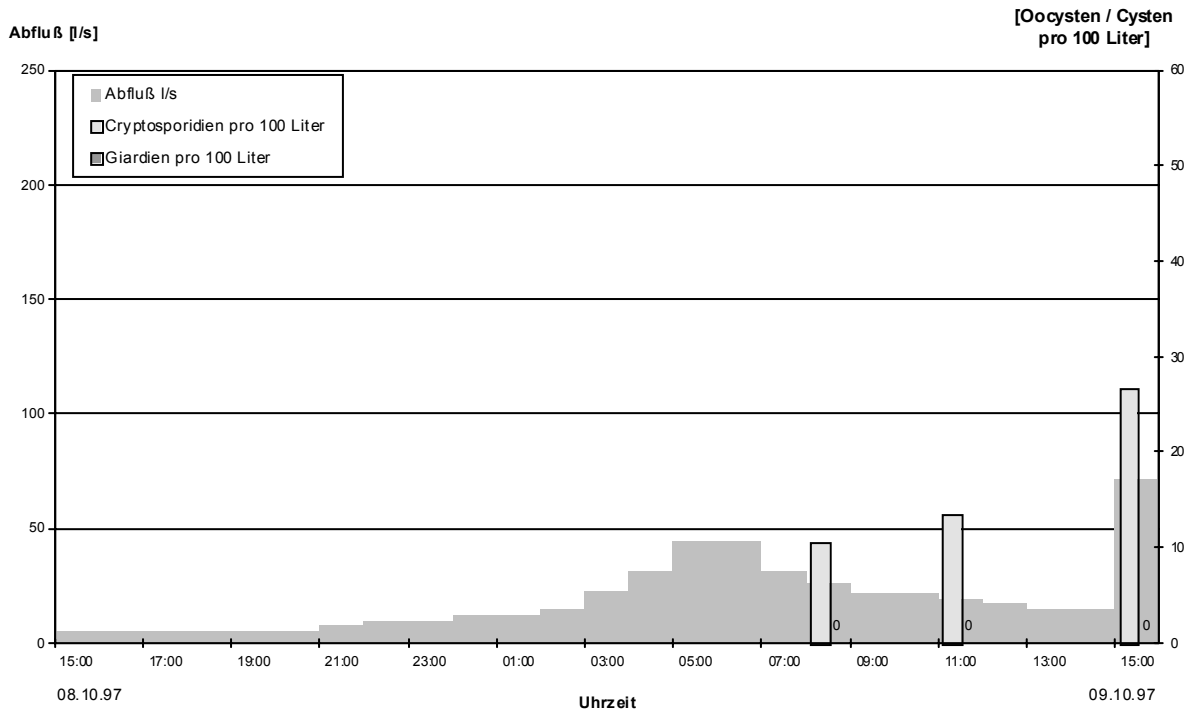


Abb. 31: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Nauholzbach am 8./9.10.1997

Ereignisprobenahme am 12.2.1997 Nauholzbach Pegel

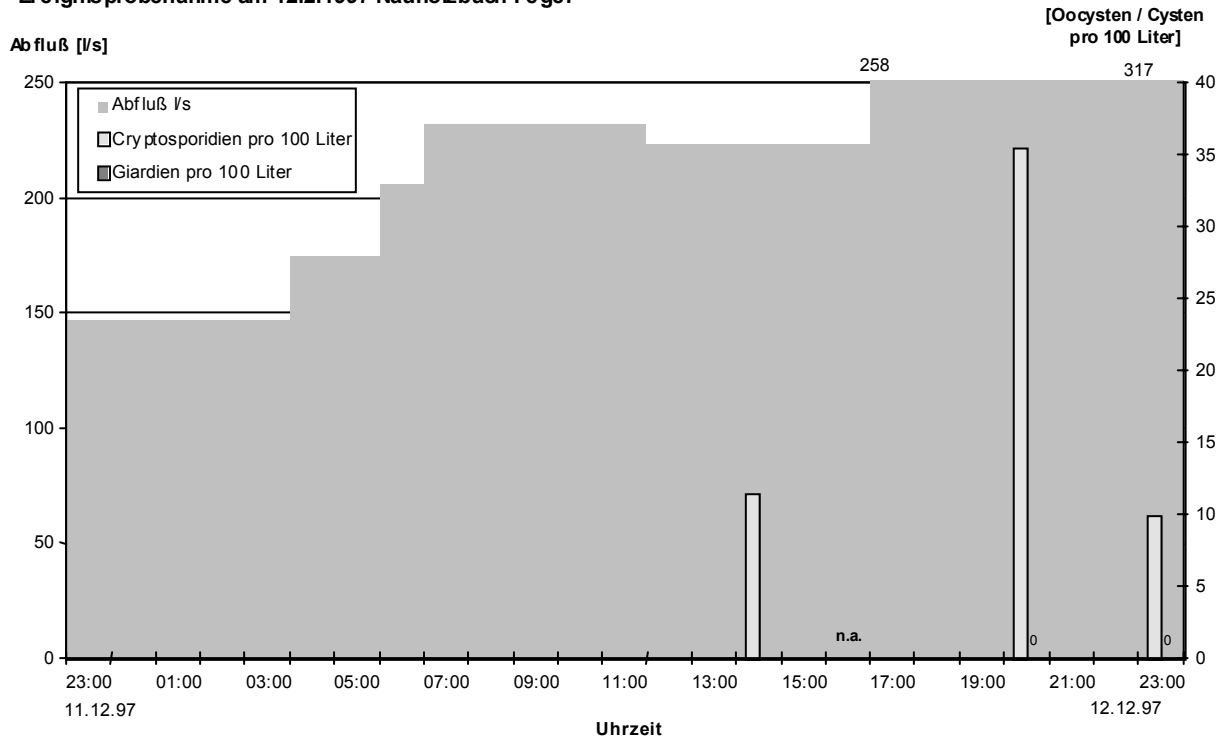


Abb. 32: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Nauholzbach, am 11./12.12.1997

5.2.2.2 Kall Pegel

Am Pegel der Kall konnten zu zwei Ereignissen, am 12.2. und am 19.3., je fünf Proben entnommen werden. Von einem dritten Niederschlagsereignis am 9.10. wurde nur eine Probe entnommen.

Ereignisprobenahme am 12.2.1997 Kall Pegel

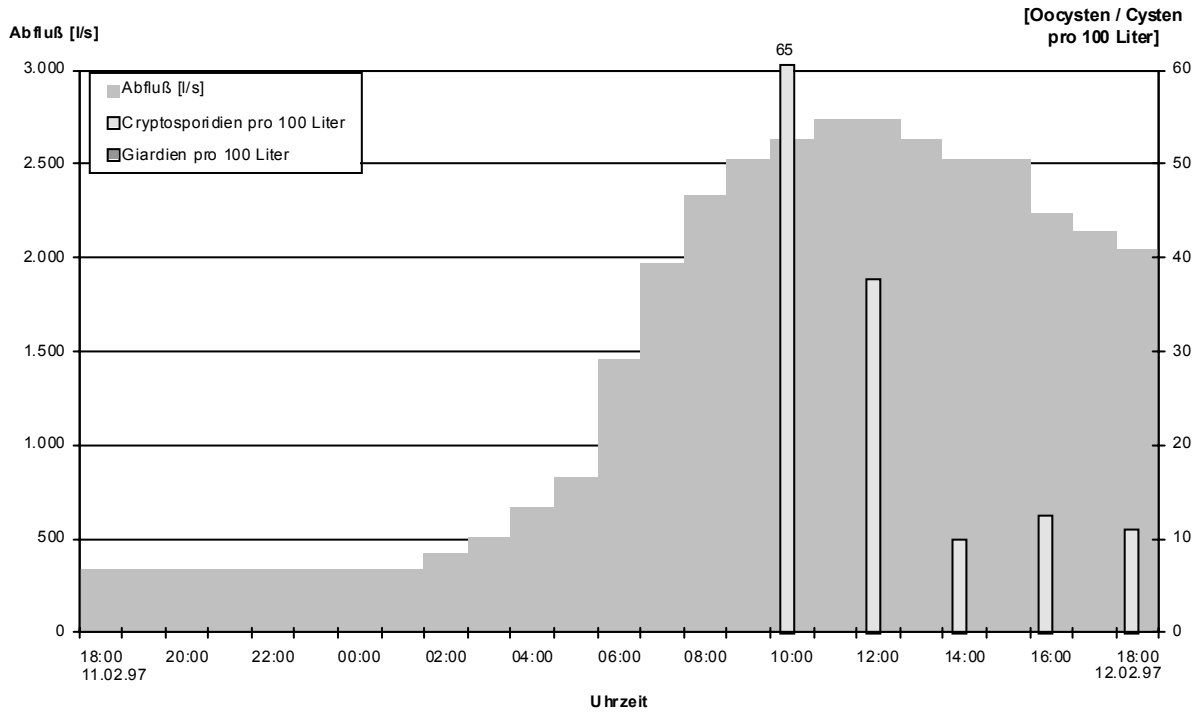


Abb. 33: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Kall am 11./12.2.1997

Ereignisprobenahme am 19.3.1997 Kall Pegel

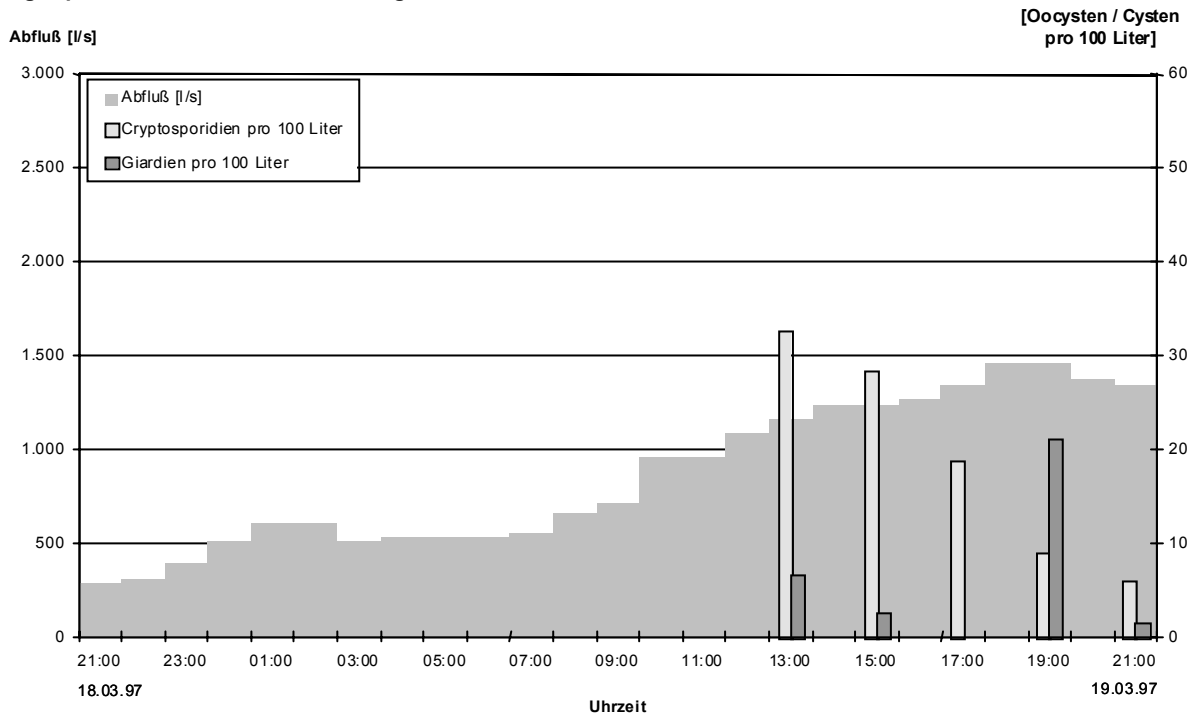


Abb. 34: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Kall am 18./19.3.1997

Die Ergebnisse der Proben vom 12.2.97 zeigten eine stetige Abnahme der *Cryptosporidium*-Konzentrationen von 65,6 Ooc./100 L. um 10:00 Uhr auf 11 Ooc./100 L. um 18:00 Uhr. Cysten von *Giardia lamblia* konnten in keiner der Proben nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Proben vom 19.3.97 fielen uneinheitlicher aus: Die Belastung des Wassers mit Oocysten von *Cryptosporidium sp.* ging zwar auch gleichmäßig von 32 Oocysten um 13:35 Uhr auf 6 um 21:30 Uhr zurück; die Belastung mit Cysten von *Giardia lamblia* schwankte dagegen ohne erkennbaren Trend zwischen 0 und 21 C./100 L.

Die einzelne Ereignisprobe vom 9.10.97 erbrachte sowohl einen Nachweis von *Cryptosporidium sp.* mit 14,3 Oocysten wie auch von *Giardia lamblia* mit 2,3 Cysten / 100 L.

5.2.2.3 Wahnbach Pegel

Am Wahnbach wurde am 5.2.97 ein Niederschlagsereignis beprobt. Wegen technischer Probleme konnte hier aber nur eine Probe ausgewertet werden. Sie ergab den höchsten an dieser Stelle gemessenen *Cryptosporidium sp.*-Gehalt mit 147 Ooc./100 L. Cysten von *Giardia lamblia* wurden in dieser Probe nicht nachgewiesen. Darüber hinaus wurden am Wahnbach drei Ereignisse mit jeweils vier (9.10. und 11.12.) bzw. fünf (10.10.) Proben untersucht.

In den Proben vom 9.10. nahm die *Cryptosporidium*-Konzentration von etwa 49 Ooc./100 L. in den ersten beiden Proben (9:30 und 12:00 Uhr) gleichmäßig ab auf 18 Ooc./100 L. in der Probe um 15:20 Uhr. Die *Giardia*-Belastung veränderte sich über die vier Proben nur unwesentlich zwischen 13,8 (9:30 Uhr) und 9,1 C./100 L. (15:20 Uhr).

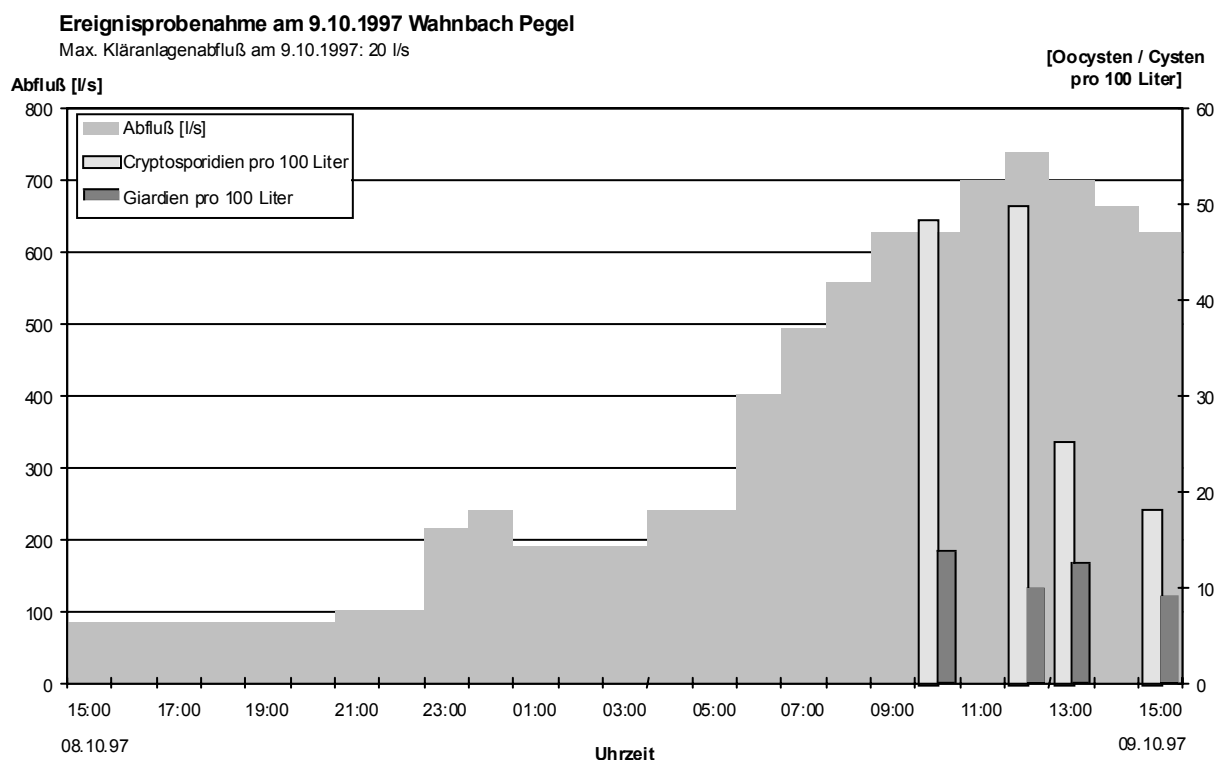


Abb. 35: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Wahnbach am 8./9.10.1997

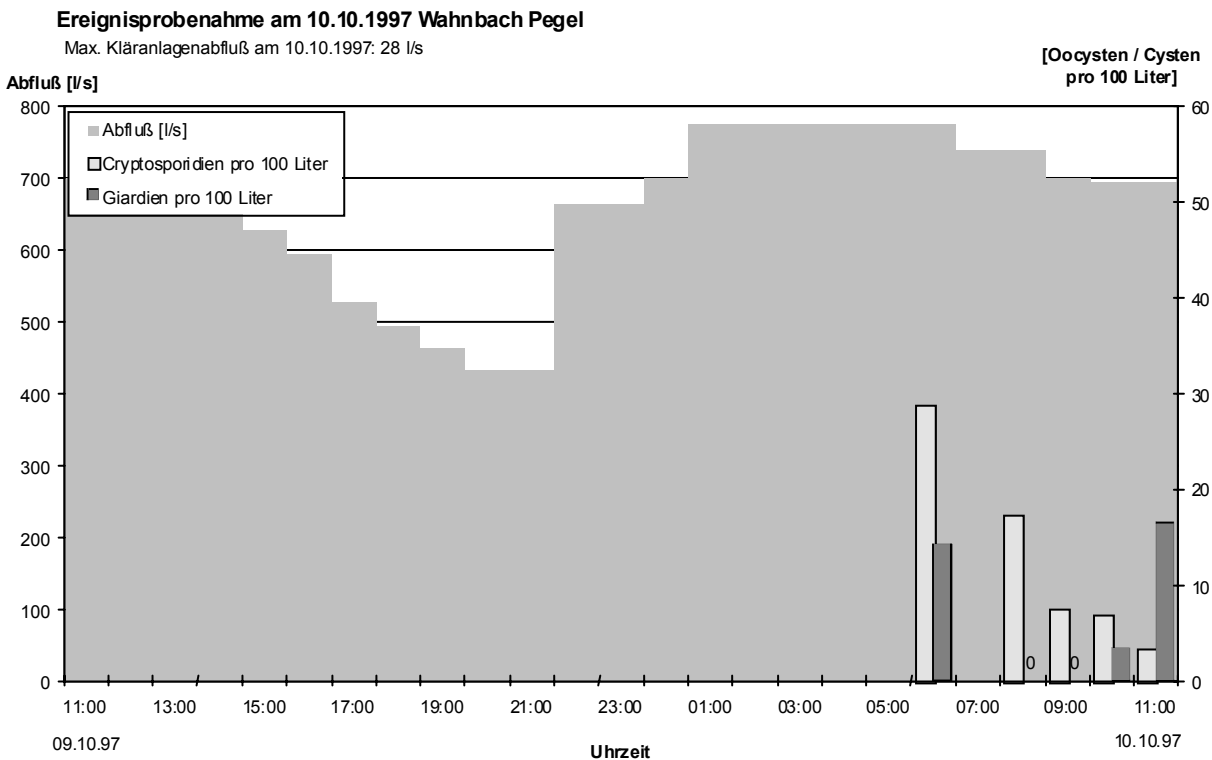


Abb. 36: Abflußverhältnisse und Parasitendauerformen am Pegel Wahnbach am 9./10.10.1997

Auch in den Proben vom 10.10. nahm die Belastung mit *Cryptosporidium*-Oocysten kontinuierlich von 29 um 6:05 Uhr auf 3 Ooc./100 L. um 11:00 Uhr ab. Cysten von *Giardia lamblia* waren dagegen nur in der ersten und den letzten beiden Proben nachweisbar. Die Konzentrationen in der ersten und der letzten Probe waren mit 14 bzw. 16 C./100 L. in etwa gleich hoch; in der vorletzten Probe wurden dagegen nur 3,5 Cysten nachgewiesen. Das Ergebnis der Ereignisproben vom 11.12. zeigte bei den *Cryptosporidium*-Konzentrationen keinen Trend über die Zeit. Die erste Probe enthielt mit 16,5 Ooc./100 L. die höchste Konzentration; in den drei weiteren Proben schwankten die Konzentrationen zwischen 3 und 6,7 Ooc./100 L. Auch die Belastung mit Cysten von *Giardia lamblia* zeigte keinen deutlichen Trend, da die erste und die dritte Probe mit Werten von 21 bzw. 20 Cysten, und die zweite und die vierte Probe mit 12 bzw. 14,7 Cysten im gleichen Bereich lagen.

5.2.3 Untersuchungen an Kläranlagen

5.2.3.1 KA Hillesheim, Ablauf

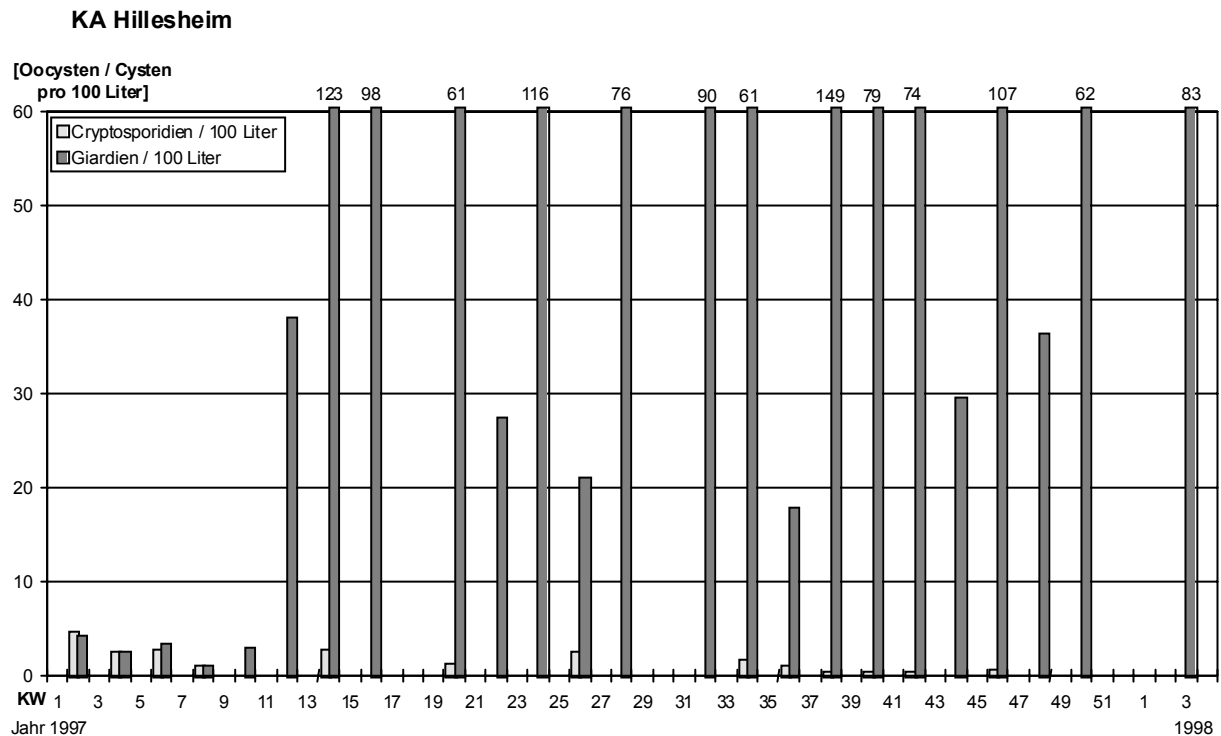


Abb. 37: Parasitendauerformen im Ablauf der Kläranlage Hillesheim

Am Ablauf der Kläranlage Hillesheim wurden insgesamt 24 parasitologische Proben entnommen. In 13 der Proben waren Oocysten von *Cryptosporidium sp.* enthalten. Cysten von *Giardia lamblia* waren in allen Proben nachweisbar. Die nachweisbaren Konzentrationen der *Cryptosporidium*-Oocysten schwankten zwischen 0,5 und 4,7 in 100 Liter, die der *Giardia*-Cysten zwischen 1 und 148. Die Medianwerte betragen 0,5 bzw. 60,9 pro 100 L.

5.2.3.2 KA Niederkassel, Ablauf

An der Kläranlage Niederkassel wurden insgesamt zwölf Proben genommen. In sieben dieser Proben konnten Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden. Alle Proben enthielten Cysten von *Giardia lamblia*. Die gemessenen Konzentrationen von *Cryptosporidium*-Oocysten lagen zwischen 1,3 und 9,5 auf 100 Liter, die *Giardia*-Konzentrationen schwanken zwischen 6,2 und 97 C./100 L. Die Medianwerte betragen 1,4 bzw. 37,6 Oocysten bzw. C./100 L.

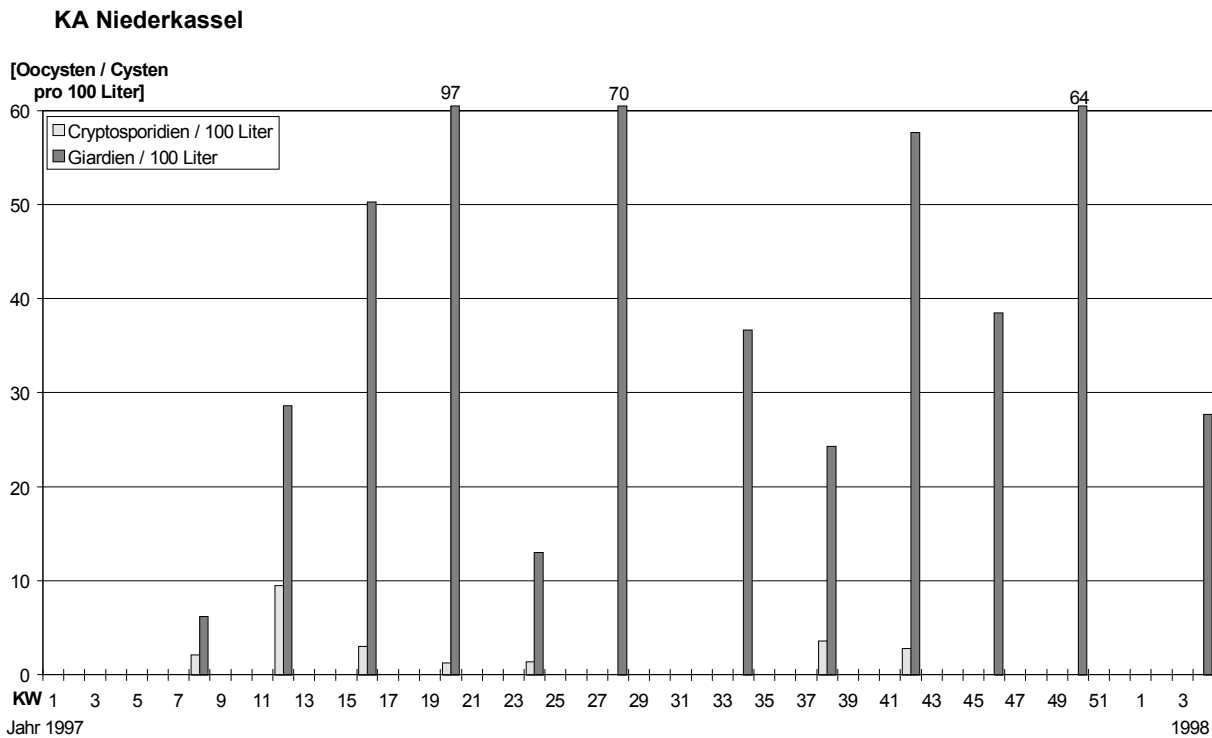


Abb. 38: Parasitendauerformen im Ablauf der Kläranlage Niederkassel

5.2.3.3 Kläranlage Hilberath

Im Zulauf der Kläranlage Hilberath wurden in fünf Proben dreimal *Cryptosporidien* nachgewiesen, und zwar mit Konzentrationen zwischen 15 und 54 Ooc/100 L. Die beiden Proben, die keine *Cryptosporidium*-Oocysten enthielten, repräsentieren offensichtlich keine normalen Betriebsbedingungen, wie auch aus den deutlich geringeren *Giardia*-Funden an diesen Tagen hervorgeht. Zumindest in einer Probe (Januar 2000) war dem Wasser auch eine andere Beschaffenheit als sonst anzusehen. Im Ablauf konnte *Cryptosporidium* nur zweimal nachgewiesen werden, und zwar mit 5,8 bzw. 7,4 Ooc./100 L.

Cysten von *Giardia lamblia* konnten im Zulauf bis auf eine Ausnahme immer nachgewiesen werden. Die Werte lagen zwischen 212 und 59.348 C./100 L., mit einem Median von 13.111. Die Probe ohne *Giardia*-Nachweis und die mit der geringsten gemessenen Konzentration korrespondieren mit den Ergebnissen der *Cryptosporidien*-Analytik. Im Ablauf wurden Cysten von *Giardia lamblia* immer nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen dort zwischen 158 und 1.407 C./100 L. mit einem Median von 203.

Die Reinigungsleistung betrug 1 – 1,6 Logarithmenstufen für *Cryptosporidium* und 1,6 – 2,5 Logarithmenstufen für *Giardia lamblia*.

5.2.3.4 Kläranlage Flerzheim

Im Zulauf der Kläranlage Flerzheim konnten Oocysten von *Cryptosporidium* nur in zwei der zehn Proben nachgewiesen werden. Die Konzentrationen betragen 17 bzw. 103 OoC./100 L. Im Ablauf wurden einmal 2,4 OoC./100 L. nachgewiesen.

Giardia lamblia wurde in allen Zu- und Ablaufproben nachgewiesen. Die Konzentrationen im Zulauf schwankten zwischen 14.420 und 82.432 C./100 Litern mit einem Medianwert von 30.903, im Ablauf zwischen 3,3 und 193 mit einem Median von 34 C./100 L.

Die Reinigungsleistung bezogen auf die Parasitendauerstadien lag für *Cryptosporidien* bei 1,6 und für *Giardia* zwischen 2,1 und 3,8 Logarithmenstufen mit einem Median von 3.

5.2.3.5 Kläranlage Rheinbach

Im Zulauf der Kläranlage Rheinbach konnten in zehn Proben zweimal Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden und zwar mit Konzentrationen von 12 bzw. 52 Ooc./100 L. Im Ablauf wurden Oocysten nie nachgewiesen.

Giardia lamblia-Cysten konnten in allen Zulauf-Proben nachgewiesen werden. Die Konzentrationen lagen zwischen 9.979 und 60.398 C./100 L., mit einem Median von 13.311. Im Ablauf wurden die Cysten in neun von zehn Proben nachgewiesen, mit Konzentrationen zwischen 2 und 169 / 100 L bei einem Median von 3,4. Die Reinigungsleistung lag für *Cryptosporidium* bei 1,7 Logarithmenstufen und für *Giardia lamblia* zwischen 1,9 und 4,3 Logarithmenstufen bei einem Median von 3,4.

5.2.3.6 Kläranlage Miel

Im Zulauf der Kläranlage Miel wurden in zwei der fünf Proben *Cryptosporidien* nachgewiesen, wobei die Konzentrationen 78 bzw. 151 Ooc./100 L. betragen. Im Ablauf konnten Oocysten nie nachgewiesen werden. *Giardia lamblia* wurde im Zulauf immer mit Konzentrationen zwischen 4.549 und 54.205 C./100 L. nachgewiesen, bei einem Median von 19.586. Im Ablauf waren Cysten in vier der fünf Proben enthalten. Die Konzentrationen lagen hier zwischen 10 und 132, bei einem Median von 14.

Die Reinigungsleistung bezogen auf *Cryptosporidium* betrug ca. 2 Logarithmenstufen, für *Giardia lamblia*-Cysten lag sie zwischen 2,2 und 4,3 bei einem Median von 3,2 Logarithmenstufen.

5.2.3.7 Kläranlage Loch

In den fünf Proben vom Zulauf der Kläranlage Loch wurde nur einmal *Cryptosporidium* nachgewiesen, und zwar mit 50 Ooc./100 L. Im Ablauf der Kläranlage wurden die Oocysten ebenfalls nur einmal, mit 5,8 Ooc./100 L., nachgewiesen, allerdings nicht korrespondierend zum Fund im Zulauf.

Giardia lamblia wurde in allen Proben der Kläranlage nachgewiesen. Im Zulauf lagen die Konzentrationen zwischen 451 und 194.658 Cy./100 L., mit einem Median von 1.618, im Ablauf zwischen 35 und 496, mit einem Median von 211.

Die Reinigungsleistung für Oocysten von *Cryptosporidium* lag bei etwa 1,7, für Cysten von *Giardia lamblia* zwischen 0,7 und 3,5 Logarithmenstufen.

5.2.3.8 Kläranlage Heimerzheim

Im Zulauf der Kläranlage konnten in fünf Proben dreimal Oocysten von *Cryptosporidium* nachgewiesen werden, wobei die Konzentrationen zwischen 59 und 233 / 100 L lagen. In den fünf Ablaufproben konnten die Oocysten nur einmal mit 7,6 Ooc./100 L. nachgewiesen werden.

Cysten von *Giardia lamblia* wurden in allen Proben gefunden. Im Zulauf schwankte die Konzentration zwischen 35.926 und 80.862 C./100 L., bei einem Median von 46.696. Im Ablauf lagen die Werte zwischen 46 und 433 C./100 L., mit einem Median von 226.

Die Reinigungsleistung für Cryptosporidien-Oocysten lag zwischen 1,5 und 1,8 Logarithmenstufen, für Cysten von *Giardia lamblia* zwischen 2,2 und 3,0.

5.2.4 Ereignisbezogene Untersuchungen von Regenüberlaufbecken

5.2.4.1 RÜB II Flerzheim

In der Probe vom 19.10.2000 wurden 12 Cryptosporidien-Oocysten und 1929 Giardien-Cysten / 100 L nachgewiesen.

5.3 Physikalisch-chemische Untersuchungen

5.3.1 Untersuchungen in Gewässern

5.3.1.1 Nauholzbach Pegel

Nauholzbach Pegel

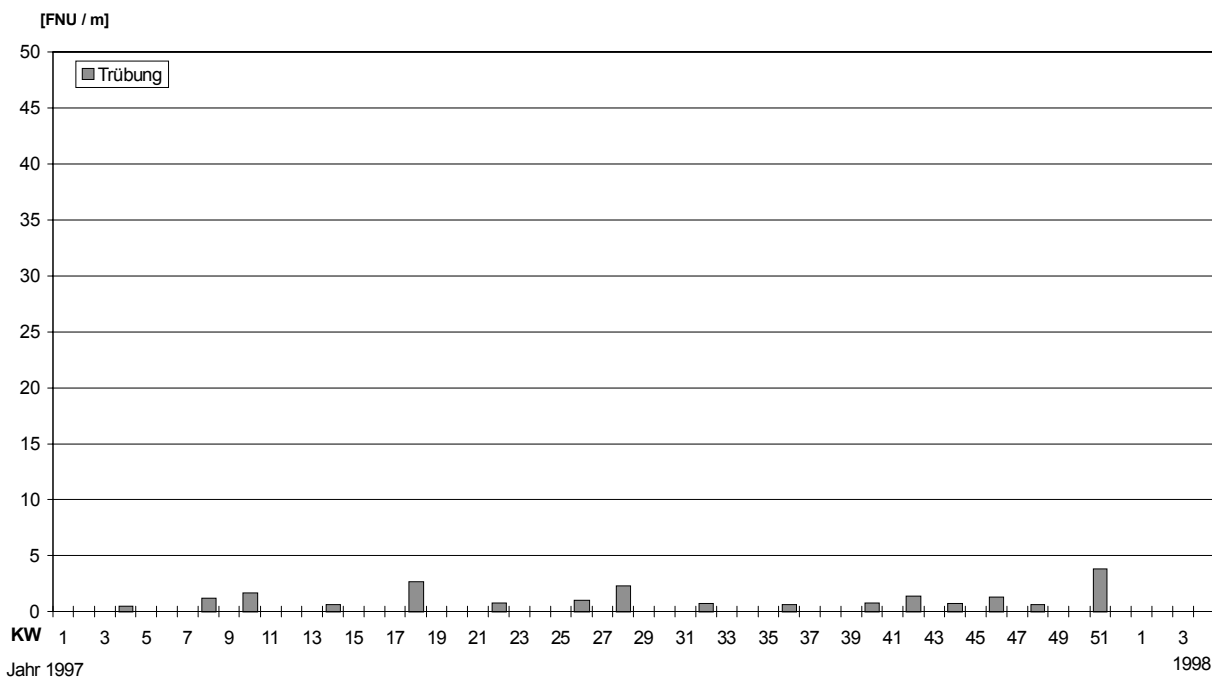


Abb. 39: Trübung am Pegel Nauholzbach im Jahresverlauf

Insgesamt wurden 16 Routineproben am Nauholzbach chemisch untersucht. Die Trübungswerte der Proben lagen normalerweise im Bereich von 0,5 bis 3,8 FNU. Im Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen genommene Proben wiesen allerdings Trübungswerte von 38 bzw. 70 FNU auf. Der pH-Wert war unauffällig und schwankte zwischen 6,7 und 7,5. Nitrat wurde in allen Routineproben in unauffälligen Konzentrationen nachgewiesen: Die Meßwerte lagen alle unter 10 mg/l. Nitrit konnte nur einmal mit 0,02 mg/l nachgewiesen werden; der Nachweis von Ammonium gelang in keiner Probe. Phosphat war nur in zwei Proben über der Nachweisgrenze enthalten, und auch Gesamtphosphor konnte nur selten, und dann knapp über der Nachweisgrenze bestimmt werden. In zwei der Routineproben wurden je 0,04 mg/l Borat gefunden.

Die physikalisch-chemischen Parameter der Routineproben weisen den Nauholzbach als gering organisch belastetes Fließgewässer aus.

Nauholzbach Pegel

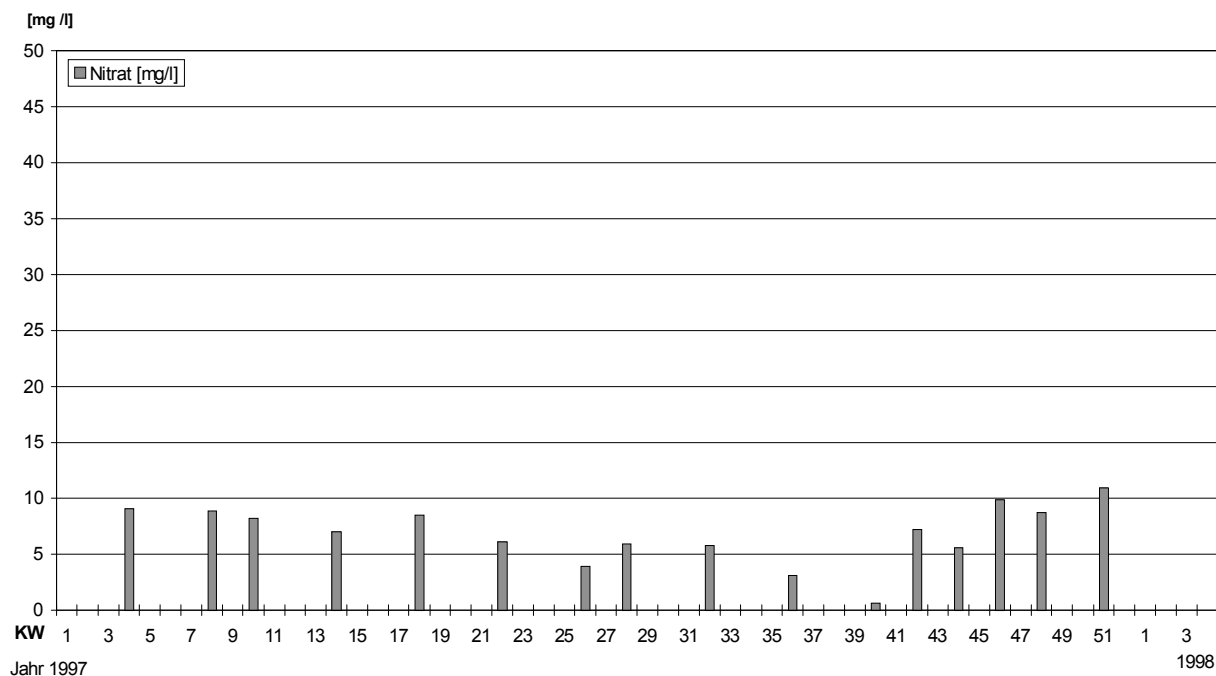


Abb. 40: Nitratgehalte am Pegel Nauholzbach

5.3.1.2 Wahnbach Pegel

Am Wahnbach wurden im Rahmen der regelmäßigen Probenahme 25 Proben zur physikalisch-chemischen Analyse entnommen. Je nach Wasserführung bzw. vorhergehender Witterung schwankte die Trübung hier erheblich mit Werten zwischen 3 und 36 FNU. Wie auch am Nauholzbach waren die Schwankungen im pH unauffällig, die Werte lagen mit einem Schwankungsbereich von 7,0 bis 8,0 allerdings im Mittel etwas mehr im Alkalischen als beim Nauholzbach. Die Nitrat-Meßwerte lagen deutlich über denen vom Nauholzbach. Sie schwankten zwischen 4,3 und 33,9 mg/l, wobei 10 mg/l nur während der Trockenperiode im Sommer unterschritten wurden. Nitrit konnte bis auf zwei Ausnahmen immer nachgewiesen werden; die Werte bewegten sich im Bereich von 0,02 bis 0,4 mg/l. Ebenso regelmäßig wurde Ammonium in den Proben nachgewiesen, mit

Werten zwischen 0,03 und 0,21 mg/l. Ein Spitzenwert mit 1,46 mg/l Anfang des Jahres 1997 deutet auf kurzzeitige starke organische Belastungen des Baches hin. Phosphat war mit wenigen Ausnahmen nachweisbar in Konzentrationen von 0,09 bis 0,9 mg/l, Gesamtphosphor fand sich in allen Proben und schwankte zwischen 0,03 und 0,62 mg/l. Alle Proben enthielten darüber hinaus Borat in Konzentrationen zwischen 0,05 und 0,27 mg/l. Die Werte zeigen deutlich, daß dem Wahnbach regelmäßig organische Belastungen und anorganische Nährstoffe zugeführt werden.

Wahnbach Pegel

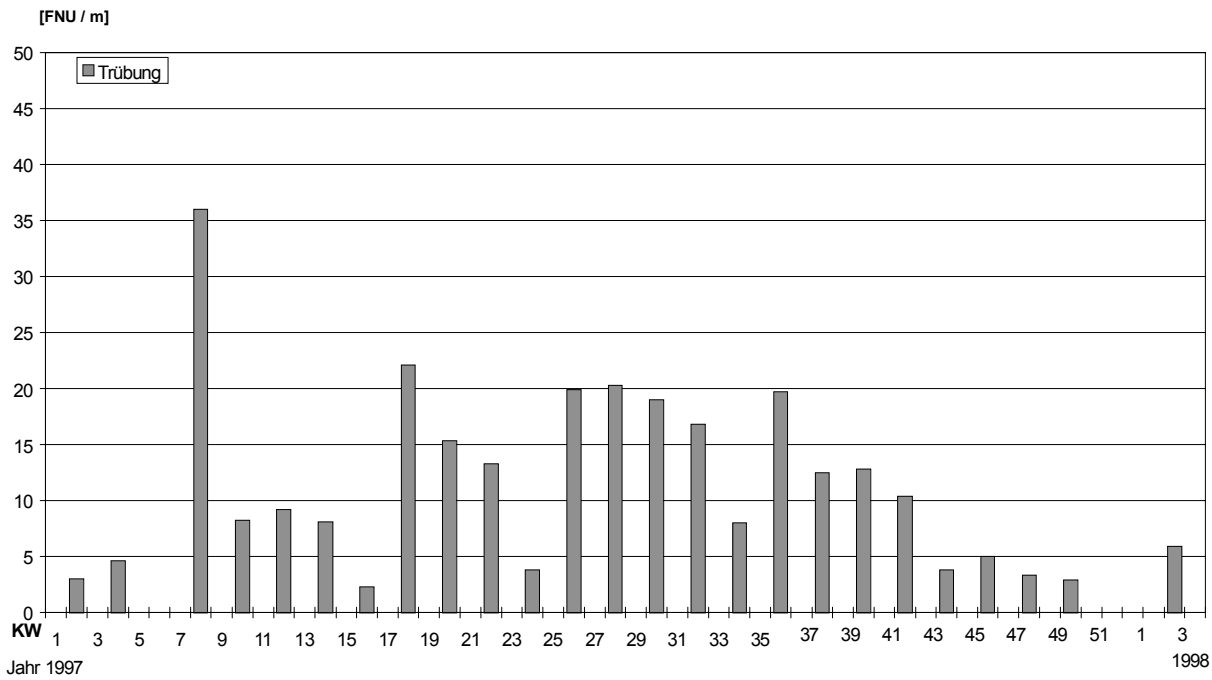


Abb. 41: Trübung am Pegel Wahnbach

Wahnbach Pegel

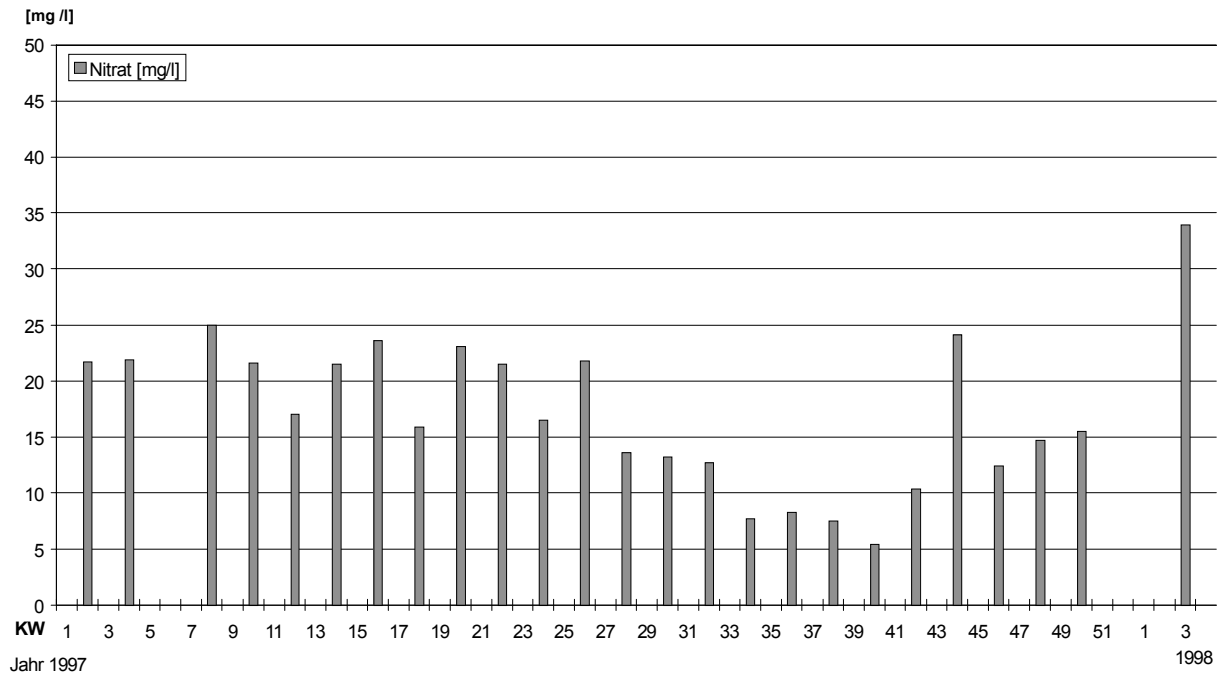


Abb. 42: Nitratgehalte am Pegel Wahnbach

Wahnbach Pegel

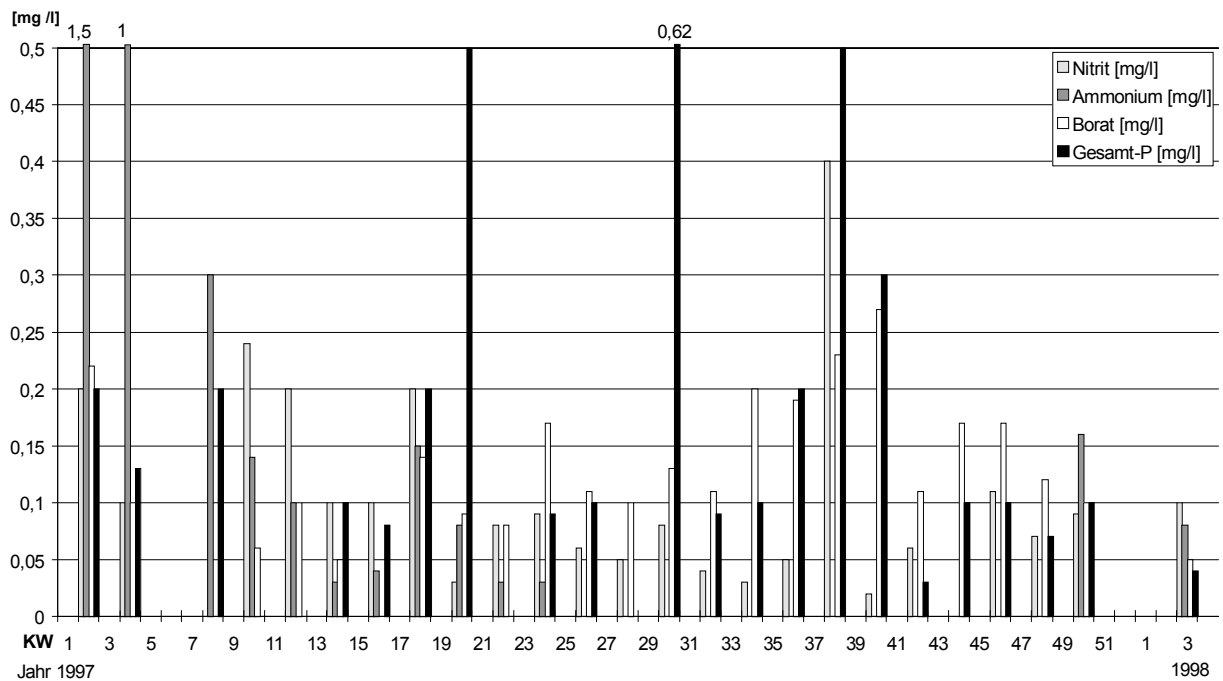


Abb. 43: Verschiedene chemische Parameter am Pegel Wahnbach

5.3.1.3 Kall Pegel

28 Routineproben der Probenahmestelle Kall Pegel wurden ausgewertet.

Die Trübung schwankte uneinheitlich übers Jahr zwischen 0,61 und 30 FNU. Die pH-Werte lagen im Bereich von 6,8 bis 7,4. Nitrat wurde mit einer Ausnahme immer zwischen 10 und 22 mg/l gemessen. Die Werte für Nitrit lagen in der Regel unter oder knapp über der Nachweisgrenze; der höchste gemessene Wert betrug 0,09 mg/l. Ammonium wurde in neun Proben nachgewiesen mit Konzentrationen von 0,03 bis 0,19 mg/l. In nur drei Proben konnte Phosphat nachgewiesen werden, wobei die maximale Konzentration 0,05 mg/l betrug. Die Gesamtphosphor-Werte lagen mit maximal 0,1 mg/l etwas höher. Borat wurde in allen Proben nachgewiesen, wobei die Konzentrationen zwischen 0,04 und 0,11 mg/l lagen.

Kall Pegel

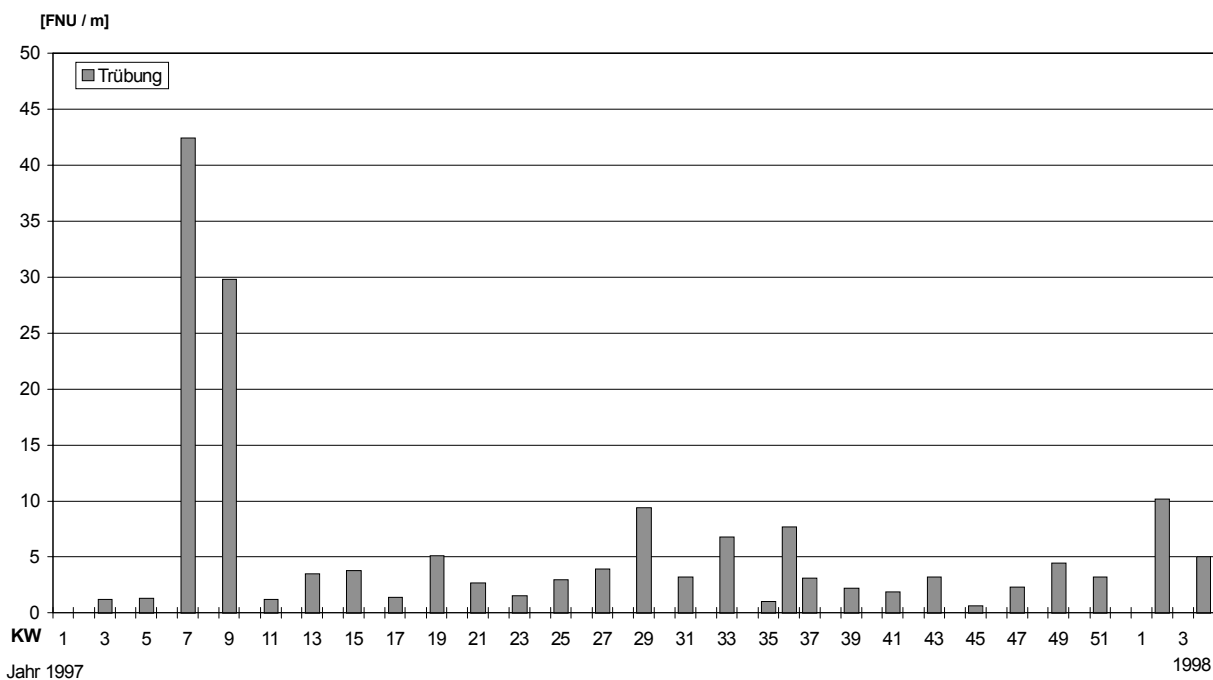


Abb. 44 : Trübung im Jahresverlauf am Pegel Kall

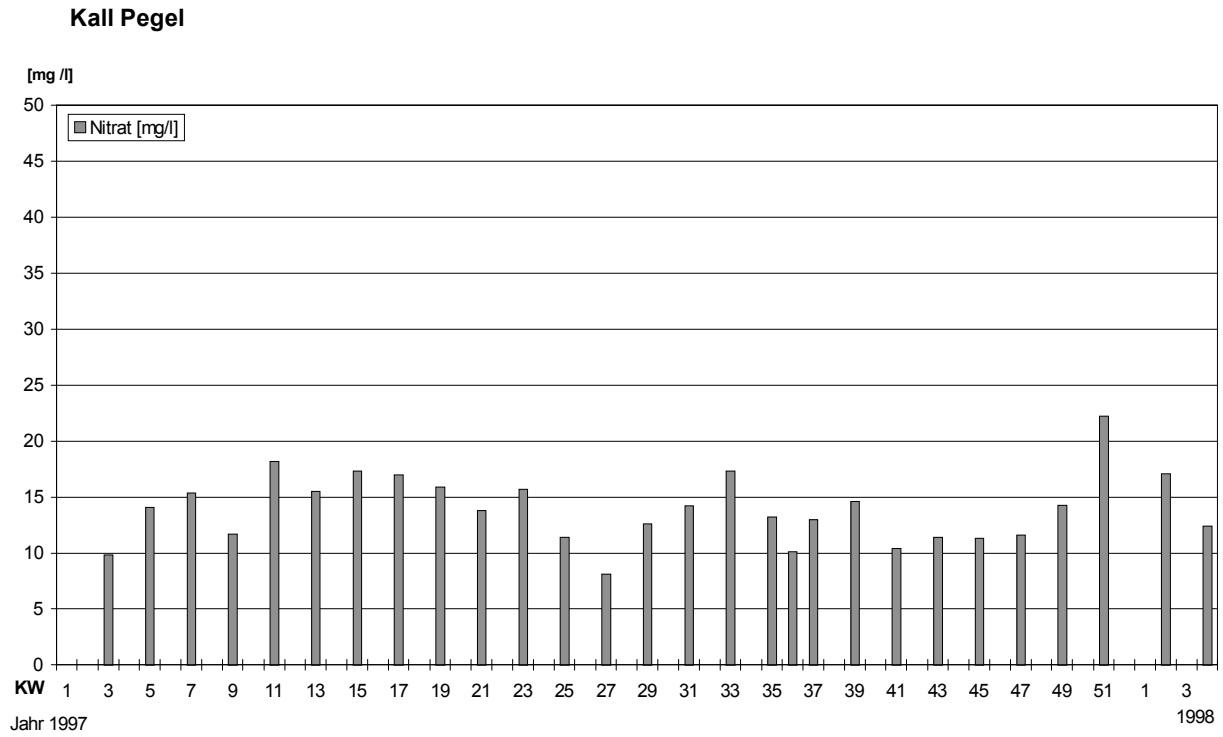


Abb. 45: Nitratgehalte am Pegel Kall

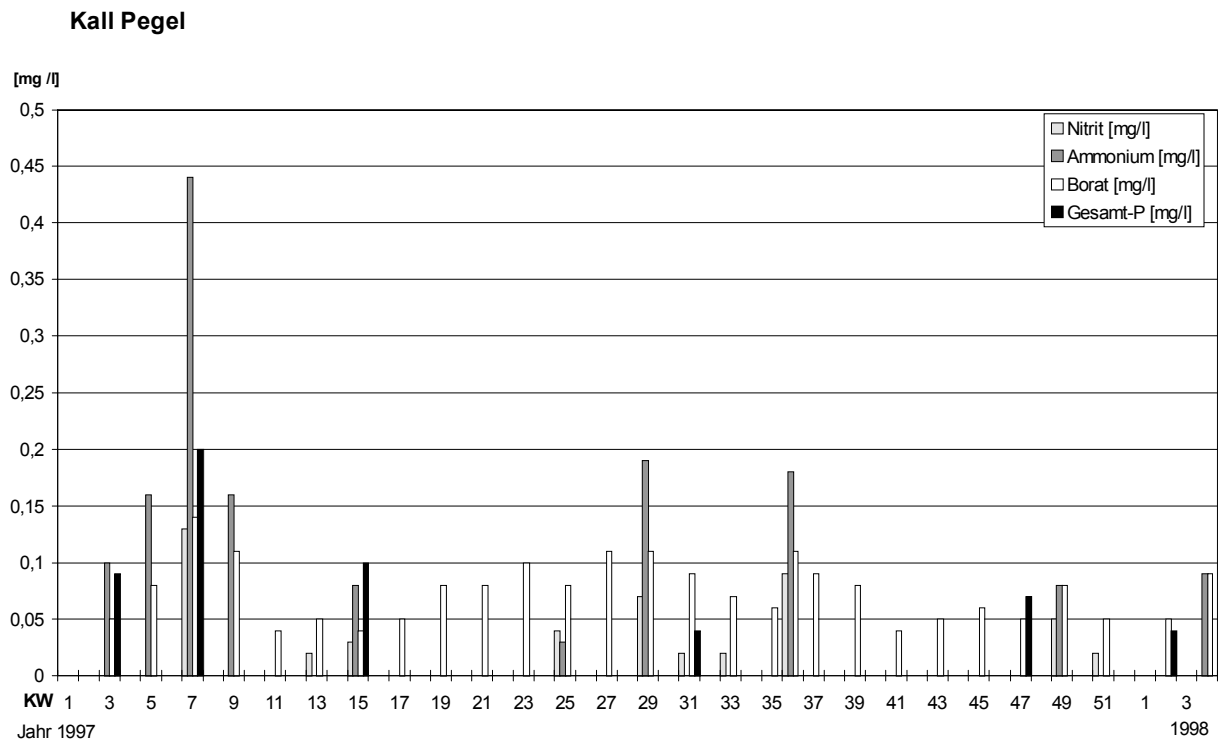


Abb. 46: Verschiedene chemische Parameter am Pegel Kall

5.3.1.4 Probenahmestellen im Kall-Einzugsgebiet

5.3.1.4.1 Entenpfuhl

In den fünf Proben der Probenahmestelle Entenpfuhl wurden sehr unterschiedliche Trübungen gefunden: Bei einem Mittelwert von 13,9 schwankten die Ergebnisse zwischen 2 und 38 FNU. Der Spitzenwert wurde allerdings nach einem Starkregen im Februar gemessen. Der pH-Wert war mit Werten von 5,6 bis 6,7 etwas saurer als an den anderen Stellen im Einzugsgebiet. Die Nitrat-Konzentrationen lagen im Bereich von 1 bis 5,3 mg/l, Nitrit konnte nie nachgewiesen werden. Auch Ammonium wurde nur einmal in der Februar-Probe nachgewiesen mit einer Konzentration von 0,25 mg/l. Phosphat wurde nur einmal im Juni mit 0,2 mg/l nachgewiesen; Gesamtphosphor zusätzlich im Februar mit 0,06 mg/l. Borat war in allen Proben enthalten. Die Konzentrationen schwankten zwischen 0,09 und 0,51 mg/l.

5.3.1.4.2 Hoscheit

Von der Probenahmestelle Hoscheit wurden vier Proben untersucht. Die erste Probe im Februar wurde nach starken Regenfällen genommen. In dieser Probe wurden die höchsten Werte für Trübung, Nitrit, Ammonium und Borat gemessen. Die Trübung der folgenden Proben schwankte zwischen 2,2 und 4,5 FNU; der Februar-Wert betrug 31 FNU. Der pH-Wert der Proben lag zwischen 6,4 und 7,4. Die drei ersten Nitrat-Werte betrugen nahezu konstant um 15 mg/l; der letzte Wert allerdings nur 6,5 mg/l. Nitrit konnte zweimal nachgewiesen werden mit 0,03 und 0,07 mg/l. Der Ammonium-Wert im Februar betrug 0,57 mg/l, danach konnte Ammonium nicht mehr nachgewiesen werden. Ebenso konnten Phosphat und Gesamtphosphor in keiner Probe nachgewiesen werden. Der Borat-Wert im Februar betrug 0,16 mg/l, die übrigen lagen zwischen 0,07 und 0,11 mg/l.

5.3.1.4.3 Bruchgraben

Von der Probestelle Bruchgraben wurden 6 Proben physikalisch-chemisch untersucht. Die hier gemessenen Trübungswerte schwankten zwischen 1,1 und 4,5 FNU. Bis auf die erste Probe mit einem pH-Wert von 6,9 liegt der pH nahezu konstant bei 7,4 bis 7,5. Die Nitrat-Werte lagen im Mittel bei 17 mg/l, wobei nur ein „Ausreißer“ unter 10 mg/l zu verzeichnen war. Der Spitzenwert betrug 24,3 mg/l Nitrat. Nitrit wurde in vier der Proben nachgewiesen, wobei ein einzelner Wert 0,28 mg/l betrug. Ansonsten wurden nur 0,03 bis 0,05 mg/l gemessen. Der Nachweis von Ammonium gelang nur in den beiden Proben im Frühjahr mit 0,05 bzw. 0,08 mg/l. Phosphat bzw. Gesamtphosphor wurden nur je einmal im Juli bzw. Oktober nachgewiesen mit Werten von 0,07 bzw. 0,06 mg/l. Die Borat-Konzentrationen lagen in allen Proben zwischen 0,04 bis 0,06 mg/l.

5.3.1.4.4 Fischbach

Vom Fischbach wurden 6 Proben physikalisch-chemisch ausgewertet. Die Trübungswerte schwankten auch hier sehr stark zwischen 0,7 und 42,3 FNU. Der Spitzenwert im Oktober wurde allerdings in einer Probe während Regenfällen gemessen. Der pH-Wert ist mit 7,2 bis 7,3 nahezu konstant. Die Nitrat-Werte lagen mit einer Ausnahme im Bereich von 13,1 bis 27,9 mg/l. Der „Ausreißer“ mit 2,6 mg/l wurde ebenfalls in der Regen-

Probe im Oktober gemessen. Nitrit wurde in vier Proben nachgewiesen. Der Spitzenwert von 0,12 mg/l war ebenfalls in der Probe vom Oktober zu verzeichnen, die übrigen Werte lagen zwischen 0,02 und 0,06 mg/l. Ammonium wurde im Januar und März mit 0,06 bzw. 0,09 mg/l gemessen. In der Oktober-Probe wurde der Maximalwert von 0,21 mg/l Ammonium gemessen. In den weiteren Proben war es nicht nachweisbar. Phosphat und Gesamtphosphor wurden nur in der Oktober-Probe nachgewiesen und zwar mit 0,2 bzw. 0,07 mg/l. Borat wurde in allen Proben nachgewiesen. Die Werte lagen im Bereich von 0,04 bis 0,08 mg/l.

5.3.1.4.5 Kall vor Paustenbach

Von der Kall vor Zulauf des Paustenbaches wurden nur vier Proben ausgewertet, da diese Stelle erst später in das Untersuchungsprogramm aufgenommen wurde. Die Trübung schwankte im Bereich von 3,7 bis 9,8 FNU. Der pH-Wert lag im Bereich 7,0 bis 7,6, die Nitrat-Werte blieben von 12 bis 14,7 mg/l recht konstant. Nitrit konnte nur in zwei Proben nachgewiesen werden mit 0,05 bis 0,09 mg/l. In den gleichen Proben wurde Ammonium mit 0,05 bzw. 0,31 mg/l nachgewiesen. Phosphat und Gesamtphosphor wurden nur im Januar 1998 mit Konzentrationen von 0,05 bzw. 0,2 mg/l nachgewiesen. Borat war in allen Proben enthalten. Die Werte liegen im Bereich von 0,06 bis 0,12 mg/l.

5.3.1.4.6 Paustenbach

Von der Probenahmestelle Paustenbach wurden sechs Proben physikalisch-chemisch untersucht. Vier der Proben wiesen unauffällige Trübungen von 0,8 bis 3,1 FNU auf. In zwei Proben wurden Trübungen von 8,6 bzw. 15 FNU festgestellt. Der pH-Wert der Proben liegt zwischen 7 und 7,5. Nach einem Maximalwert von 14,1 mg/l im Februar lagen die Nitrat-Werte zwischen 7,5 und 11,8 mg/l. Nitrit wurde nur in zwei Proben nachgewiesen mit je 0,03 mg/l. In drei Proben wurde Ammonium nachgewiesen mit Konzentrationen von 0,04 bis 0,4 mg/l. Phosphat konnte nicht nachgewiesen werden. Gesamtphosphor konnte im Frühjahr zweimal mit 0,05 bzw. 0,06 mg/l gemessen werden. Die vier letzten Proben enthielten Borat in Konzentrationen von 0,06 bis 0,08 mg/l.

5.3.1.4.7 Roßbach

Die Probenahmestelle Roßbach wurde erst später in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Daher liegen von dort nur drei Proben vor. Die Trübungen schwankten zwischen 1,2 und 96 FNU. Die pH-Werte lagen zwischen 7 und 7,5. Die Nitrat-Belastung war mit 21 bis 25 mg/l relativ hoch. Nitrit konnte nur einmal nachgewiesen werden mit 0,3 mg/l. In derselben Probe im Januar 1998 konnten Ammonium (0,05 mg/l), Phosphat (0,1 mg/l) und Gesamtphosphor (0,09 mg/l) nachgewiesen werden. Borat war in allen Proben nachweisbar im Bereich von 0,03 bis 0,07 mg/l.

5.3.1.4.8 Keltzerbach (linker Arm)

Vom linken Arm des Keltzerbaches wurden nur drei Proben untersucht, da diese Stelle ebenfalls erst später in das Untersuchungsprogramm aufgenommen wurde. Die Trübungswerte lagen hier zwischen 1,1 und 6,3 FNU. Der pH-Wert betrug 7,3 bis 7,6. Nitrat wurde mit 5,8 bis 12,6 mg/l gemessen, wobei der Maximalwert in der

letzten Probe im Januar 1998 gemessen wurde, in der auch als einziges Mal Nitrit mit 0,07 mg/l, Ammonium mit 0,09 mg/l und Phosphat mit 0,04 mg/l nachgewiesen werden konnten. Gesamtphosphor wurde nie nachgewiesen. Die Borat-Konzentrationen der Proben lagen zwischen 0,06 und 0,08 mg/l.

5.3.1.4.9 Keltzerbach (Stauwurzel)

Von der Stauwurzel des Keltzerbaches wurden 7 Proben ausgewertet. Abgesehen von einem Ausreißer im Mai mit 17,6 FNU lagen die Trübungen mit Werten von 0,6 bis 3,8 FNU niedrig. Der pH-Wert schwankte nur im Bereich von 7,3 bis 7,6. Außer in der ersten Probe (8,5) lagen die Nitrat-Werte im Bereich von 13,8 bis 20,4 mg/l. Nitrit wurde nur zweimal nachgewiesen mit 0,04 und 0,06 mg/l, Ammonium nur einmal mit 0,05 mg/l. Phosphat war zweimal nachweisbar mit 0,03 bzw. 0,3 mg/l, Gesamtphosphor dreimal mit Werten zwischen 0,03 und 0,06 mg/l. Borat konnte nur einmal nicht nachgewiesen werden. In den übrigen Proben lagen die Werte zwischen 0,03 und 0,11 mg/l.

5.3.1.4.10 Domäne Drainage

Von dem Hauptentwässerungsgraben der Domäne wurden 5 Proben ausgewertet. Dabei wurden im Februar und im September mit 20,7 bzw. 10,2 FNU erhöhte Trübungen festgestellt. Die übrigen drei Trübungswerte liegen im Bereich von 4,2 bis 9,4 FNU. In der Probe mit der höchsten Trübung war der pH mit 6,5 deutlich niedriger, als in den übrigen Proben mit Werten zwischen 7,0 und 7,3. Die Nitrat-Konzentrationen lagen mit Werten zwischen 21,8 und 50 mg/l sehr hoch. Nitrit wurde in allen Proben nachgewiesen im Bereich von 0,02 bis 0,04 mg/l. Ammonium wurde nur in zwei Proben nachgewiesen, und zwar mit 0,17 mg/l im Februar und 0,04 mg/l im Juni. Phosphat konnte nur im Februar nachgewiesen werden mit 0,3 mg/l, ebenso Gesamtphosphor mit 0,1 mg/l. Borat war immer nachweisbar und lag im Konzentrationsbereich zwischen 0,07 und 0,16 mg/l.

5.3.1.5 Probenahmestellen im Swisteinzugsgebiet

An der Swist selbst wurden insgesamt sechs Stellen jeweils viermal beprobt.

5.3.1.5.1 Swist oberhalb Holzweiler

An der Stelle P14 war das Wasser der Swist in der Regel farb- und geruchlos. Der pH-Wert lag nahezu konstant bei 7,5. Die Sauerstoff-Werte in der kälteren Jahreszeit lagen mit 13,5 bzw. 12,5 mg/l erwartungsgemäß deutlich höher als im Sommer mit 7,3 bzw. 8,8 mg/l. Die Trübungen schwankten zwischen 4,4 und 16,9 FNU. Im Labor wurden nur zweimal Werte etwas oberhalb der Bestimmungsgrenze von 10 mg/l abfiltrierbare Stoffe gefunden. Auch beim CSB lagen zwei der Werte mit 19 mg/l etwas über der Bestimmungsgrenze (15 mg/l), die anderen beiden lagen darunter. Parallel dazu lagen die Ergebnisse für den Kjeldahl-Stickstoff zweimal unter der Bestimmungsgrenze von 1 mg/l und bei den CSB-Werten über der Bestimmungsgrenze wurden 1,7 mg/l Stickstoff gemessen.

5.3.1.5.2 Swist oberhalb KA Flerzheim (Lüftelberg)

An der Stelle P15 war das Wasser ebenfalls immer geruchlos. Zwei der Proben wiesen allerdings eine leichte Gelbfärbung auf. Die pH-Werte schwankten zwischen 8,1 und 8,8. Die Sauerstoff-Konzentrationen waren mit Werten von 11,6 bis 19,3 mg/l durchgehend relativ hoch. Die Trübungen der ersten drei Proben lagen zwischen 3,6 und 6,3 FNU; der vierte Wert setzt sich mit 27,7 FNU deutlich ab. Abgesehen von einer Probe, deren Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen unter der Bestimmungsgrenze von 10 mg/l lag, betrug diese Werte dreimal zwischen 15,2 und 20,0 mg/l. Im März 2000 lag der Wert unter der Bestimmungsgrenze. Der CSB lag nur in der letzten Probe im Juli 2000 mit 36 mg/l über der Bestimmungsgrenze, ansonsten immer darunter. Diese letzte Probe ergab mit 2,5 mg/l auch den höchsten Wert für Kjeldahl-Stickstoff. Die vorherigen Stickstoffergebnisse lagen immer nur knapp über der Bestimmungsgrenze.

5.3.1.5.3 Swist unterhalb KA Flerzheim (Müttinghoven)

Unterhalb der Kläranlage Flerzheim (P18) war die Swist nur einmal farblos; ansonsten wies das Wasser immer eine braune oder gelbe Färbung auf. Geruch konnte allerdings nur einmal festgestellt werden, und war schwach erdig. Die pH-Werte schwankten zwischen 7,8 und 8,0. Die durchgehend hohen Sauerstoff-Konzentrationen zwischen 10,6 und 18,4 mg/l zeigten erwartungsgemäß ein leichtes Hoch im Winter. Trübungswerte wurden an dieser Stelle zwischen 2,7 und 17,7 FNU gemessen. Bei den Laborbestimmungen wurden zweimal abfiltrierbare Stoffe über der Bestimmungsgrenze gemessen, und zwar 13,6 und 18 mg/l. Die CSB-Konzentrationen lagen zwischen kleiner 15 und 26 mg/l und die Werte für Kjeldahl-Stickstoff zwischen 1,1 und 2,5 mg/l.

5.3.1.5.4 Swist unterhalb KA Miel, oberhalb B56

An der Probenstelle P20 war das Wasser immer gelb gefärbt. Der Geruch war in der ersten Probe schwach erdig; ansonsten war das Wasser geruchlos. Die pH-Werte schwankten zwischen 7,6 und 8,2. Die Sauerstoff-Konzentrationen bewegten sich zwischen 9,9 und 14,4 mg/l. Mit Werten zwischen 3,9 und 8,0 FNU waren die Trübungswerte fast konstant. Im Labor wurden in allen vier Proben abfiltrierbare Stoffe nicht über der Bestimmungsgrenze gemessen. Auch der CSB lag nur in der letzten Probe mit 22 mg/l über der Bestimmungsgrenze. In dieser Probe wurde mit 1,1 mg/l der niedrigste Wert für Kjeldahl-Stickstoff gemessen; die übrigen Stickstoff-Werte lagen um 2 mg/l herum.

5.3.1.5.5 Swist oberhalb KA Heimerzheim (Dünstekoven)

Oberhalb der Kläranlage Heimerzheim (P21) war das Wasser der Swist immer braun oder gelb gefärbt, aber geruchlos. Die pH-Werte schwankten zwischen 7,7 und 8,4. Sauerstoff wurde in Konzentrationen von 8,8 bis 20 mg/l gemessen. Bei den Trübungen fällt der Wert vom Juni 2000 mit 6,1 FNU etwas heraus, die anderen Werte liegen zwischen 12,2 und 21,5 FNU. Bei den Laboruntersuchungen wurden im Oktober 1999 und im Juli 2000 abfiltrierbare Stoffe über der Bestimmungsgrenze gemessen: 26,4 mg/l und 23 mg/l. Die beiden Proben im Januar und Juni 2000 lagen unter der Bestimmungsgrenze. Der CSB lag nur in der Juni-Probe knapp

über der Bestimmungsgrenze, ansonsten immer unter 15 mg/l. Kjeldahl-Stickstoff wurde in den ersten beiden Proben mit 2,2 bzw. 1,1 mg/l gemessen, danach zweimal unter einem Milligramm.

5.3.1.5.6 Swist unterhalb KA Heimerzheim (Heimerzheim)

Unterhalb der Kläranlage Heimerzheim (P22) war das Wasser ebenfalls immer braun oder gelb gefärbt. Geruch war auch hier nicht feststellbar. Die pH-Werte lagen zwischen 8,0 und 8,5. Die Sauerstoffkonzentrationen betragen 10,0 bis 20,0 mg/l. Wie oberhalb der Kläranlage fällt auch hier der Trübungswert vom Juni 2000 mit 4,8 FNU etwas aus den anderen Werten heraus, die zwischen 14,9 und 17,5 FNU lagen. Bei den Laboruntersuchungen wurde für abfiltrierbare Stoffe im Oktober 1999 mit 40,8 mg/l der höchste Wert im Swist überhaupt gemessen. Die beiden nächsten Ergebnisse waren aber unter der Bestimmungsgrenze, und auch der letzte Meßwert war mit 18 mg/l nicht außergewöhnlich. CSB-Konzentrationen wurden nur unter bzw. knapp über der Bestimmungsgrenze gemessen. Der Kjeldahl-Stickstoff lag bei maximal 1,7 mg/l; in den beiden letzten Proben waren die Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze.

5.3.1.5.7 Sürstbach, ober- und unterhalb der KA Loch

Oberhalb der Kläranlage Loch (P16) war das Wasser beider Proben von dort deutlich gelb oder braun gefärbt. Es roch schwach erdig oder nach Fäkalien. Die pH-Werte betragen 7,1 bzw. 8,0. Der Sauerstoff-Gehalt betrug 8,3 bzw. 8,7 mg/l. Die beiden Trübungswerte lagen mit 2,7 bzw. 114,9 FNU sehr weit auseinander. Bei den Untersuchungen im Labor wurden von den beiden genommenen Proben nur im Sommer 2000 abfiltrierbare Stoffe über der Bestimmungsgrenze gemessen, dann allerdings 69 mg/l. Diese Probe brachte auch den höchsten CSB mit 22 mg/l und den höchsten Wert für Kjeldahl-Stickstoff mit 2,2 mg/l. Die Werte der ersten Probe betragen 17 mg/l CSB und 1,4 mg/l Kjeldahl-Stickstoff.

In den beiden Proben unterhalb der Kläranlage (P17) war das Wasser immer gelb und roch schwach undefinierbar oder nach Fäkalien. Die pH-Werte betragen 7,5 bzw. 7,7. Mit 8,7 bzw. 9,9 mg/l lag der Sauerstoff-Gehalt beide Male über den Werten oberhalb der Kläranlage Loch. Auch an der Stelle P05 lagen die beiden gemessenen Trübungswerte mit 4,2 und 301 FNU sehr weit auseinander. Im Labor wurden nur einmal im Sommer 2000 abfiltrierbare Stoffe oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen, mit 33 mg/l. Auch in dieser Probe war der Kjeldahl-Stickstoff mit 3,4 mg/l deutlich höher als im Herbst 1999 (1,4 mg/l). Die beiden CSB-Werte sind mit 29 und 26 mg/l nahezu identisch.

5.3.1.5.8 Wallbach

Die erste Probe am Wallbach (P19) war farblos, die zweite wies eine gelbe Färbung auf. Das Wasser roch im letzteren Fall leicht, aber undefinierbar. Die pH-Werte betragen 7,7 bzw. 8,7. Sauerstoff wurde mit 11,2 bzw. 17,4 mg/l gemessen. Die Trübung lag bei 10,7 bzw. 5,9 FNU. In den beiden Proben wurden abfiltrierbare Stoffe einmal mit 11 mg/l knapp über der Bestimmungsgrenze und einmal kleiner 10 mg/l gemessen. Die CSB-Konzentrationen lagen immer unter der Bestimmungsgrenze; Kjeldahl-Stickstoff wurde beide Male mit 2 mg/l gemessen.

5.3.2 Starkregenereignisse

5.3.2.1 Nauholzbach

Am Nauholzbach konnten zwei Ereignisse mit jeweils drei bzw. vier Proben untersucht werden. Der einzige Parameter, der gegenüber den Werten der Routineproben deutliche Veränderungen erfährt, ist die Trübung.

Ereignisprobenahme am 9.10.1997 Nauholzbach Pegel

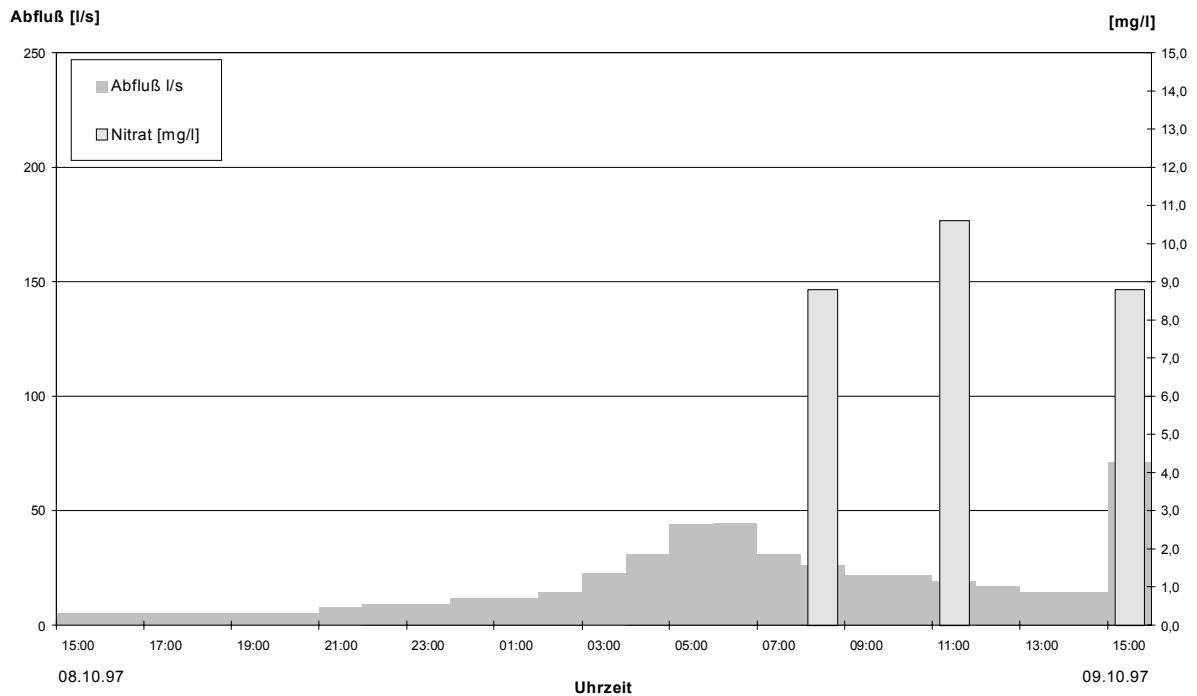
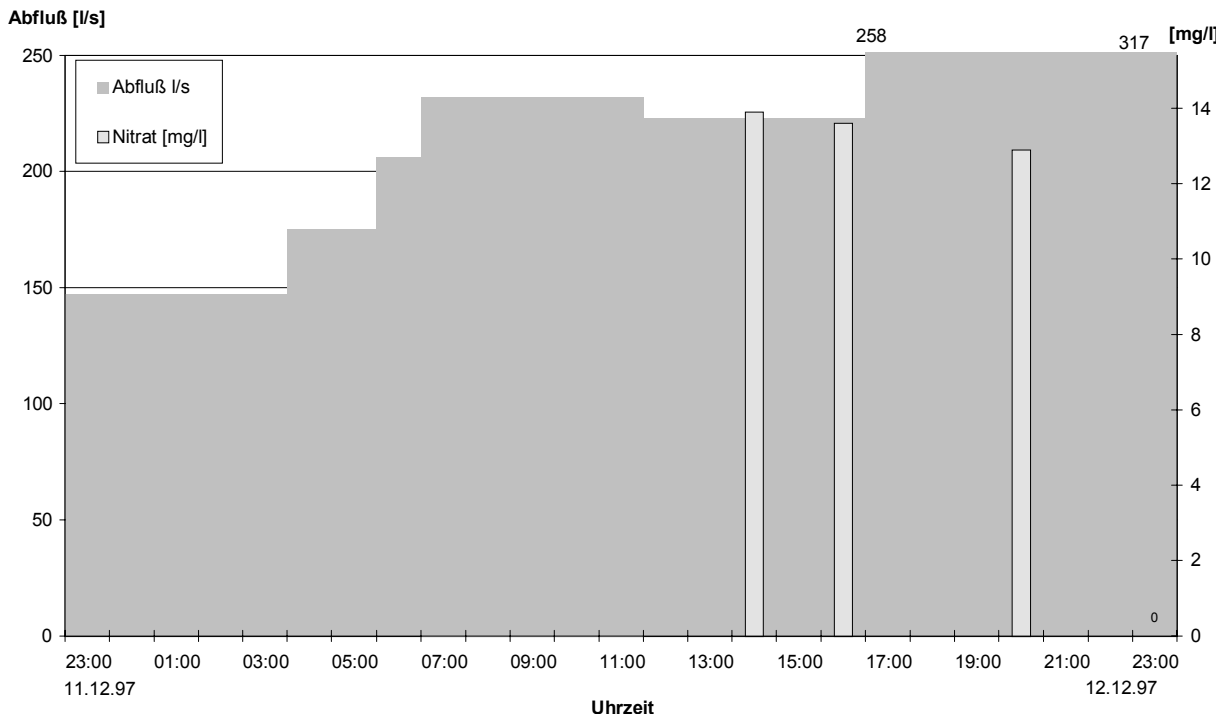


Abb. 47: Abflußverhältnisse und Nitrat am Nauholzbach am 8./9.10.1997

Beim ersten Ereignis (9.10.1997) betrug die Trübung in der ersten Probe 38 FNU und sank anschließend auf 7,5 bzw. 2,9 FNU ab. Der pH-Wert der Proben dieses Ereignisses lag um den gleichen Mittelwert wie die Routineproben, das gleiche galt für Nitrat. Nitrit, Ammonium und Phosphat waren in keiner Probe nachweisbar. Gesamtphosphor war in allen drei Proben nachweisbar und lag mit Werten von 0,04 bis 0,4 weit über den Werten der Routineproben. Borat war nur in einer Probe nachweisbar mit 0,03 mg/l.

Ereignisprobenahme am 12.2.1997 Nauholzbach Pegel**Abb. 48: Abflußverhältnisse und Nitrat am Nauholzbach am 11./12.12.1997**

Das zweite Ereignis (12.12.1997) brachte eine noch drastischere Entwicklung der Trübung, die mit 70 FNU begann, und sich bis zur dritten Probe auf 94 FNU steigerte. Die Trübung der vierten Probe konnte nicht mehr bestimmt werden. Die pH-Werte lagen mit 6,7 bzw. 6,8 etwas niedriger als im Mittel der Routineproben, und niedriger als beim ersten Ereignis. Die Nitrat-Werte von 12,9 bis 13,9 mg/l waren deutlich höher als die der Routineproben. Nitrit, Ammonium, Phosphat und Gesamtphosphor waren in keiner der Proben nachweisbar. Borat wurde in zwei Proben nachgewiesen mit 0,03 und 0,04 mg/l.

5.3.2.2 Kall Pegel

An der Kall konnten drei Ereignisse beobachtet werden. Von zweien konnten je fünf Proben gewonnen werden, beim dritten wurde nur eine Einzelprobe entnommen.

Beim ersten Ereignis (12.2.1997) waren die Auswirkungen auf die physikalisch-chemischen Parameter am deutlichsten: Die Trübung fiel von anfänglich 42 auf 10 FNU, und lag damit deutlich über dem Mittel der Routineproben. Der pH-Wert lag mit 6,8 bis 7 leicht unter den Routinewerten. Die Nitrat-Konzentrationen bewegten sich mit 15,4 in der ersten und 14,4 mg/l in der letzten Probe im Bereich der Routineproben. Die Nitrit-Werte nehmen von 0,13 auf 0,06 mg/l ab, liegen damit aber immer noch deutlich über dem Mittel der Routineproben. Gleiches galt für die Konzentrationen des Ammoniums, die aber mit Werten zwischen 0,39 und 0,46 mg/l keinen deutlichen Abwärtstrend über die Zeit zeigten. Phosphat konnte in keiner der fünf Proben nachgewiesen werden. Die Konzentrationen des Gesamtphosphor zeigen ebenfalls keinen deutlich Trend über die Zeit, liegen aber mit Werten von 0,1 bis 0,3 mg/l auch höher als die Routinewerte. Die Borat-

Konzentrationen betragen 0,14 mg/l in der ersten und 0,1 mg/l in der letzten Probe, und lagen damit nur leicht über den Ergebnissen der Routineproben.

Ereignisprobenahme am 12.2.1997 Kall Pegel

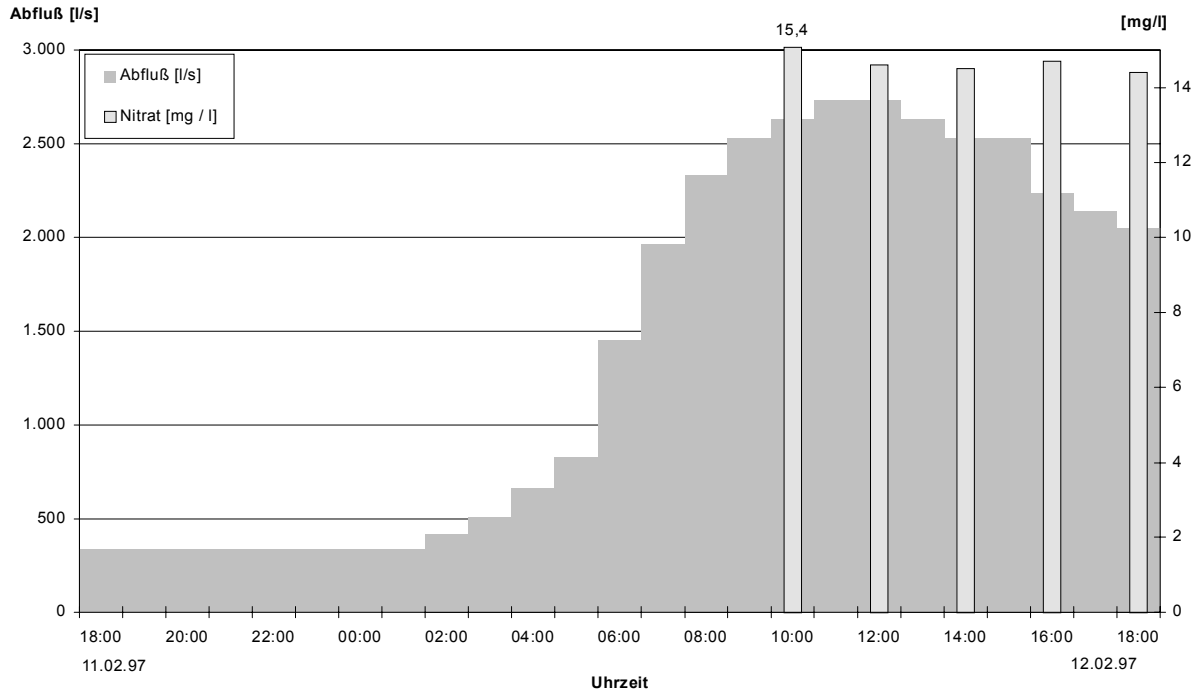


Abb. 49: Abflußverhältnisse und Nitrat am Pegel Kall am 11./12.2.1997

Ereignisprobenahme am 19.3.1997 Kall Pegel

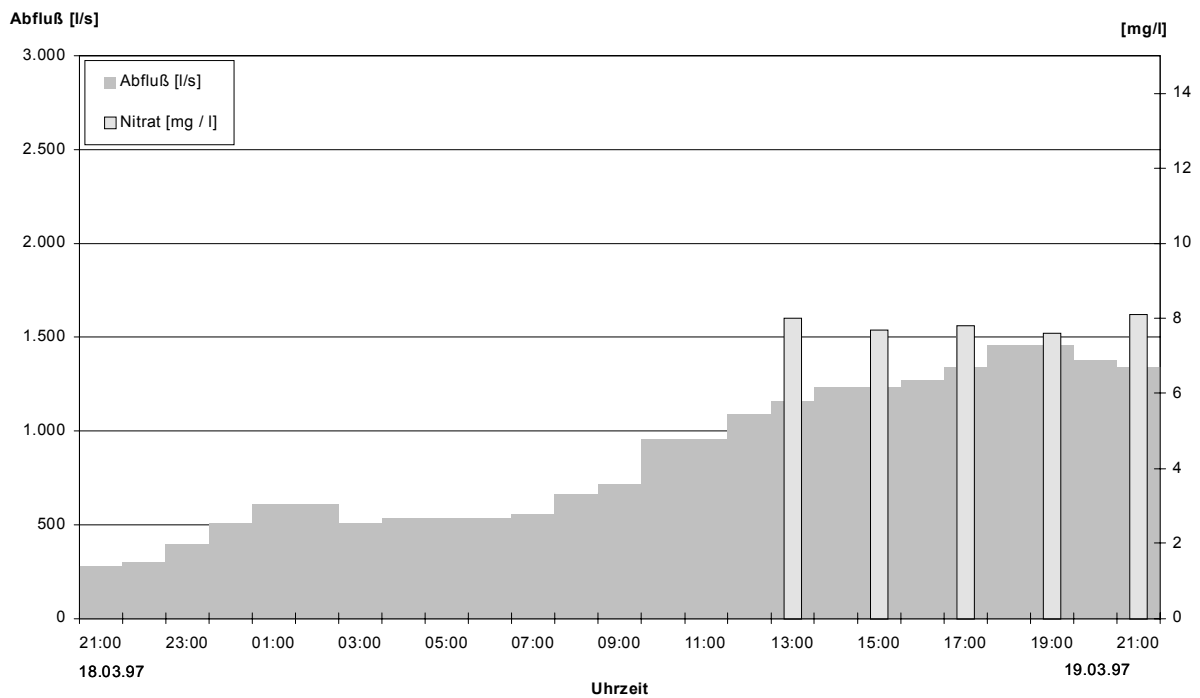


Abb. 50: Abflußverhältnisse und Nitrat am Pegel Kall am 18./19.3.1997

Bei der Ereignisbeprobung im März (19.3.1997) lagen die Trübungswerte im gleichen Bereich wie im Februar. Ein zeitlicher Trend ist aber nicht so deutlich zu erkennen. Der pH-Wert stieg über die fünf Proben leicht an von 7,0 auf 7,2. Die Nitrat-Konzentrationen liegen mit Werten zwischen 7,7 und 8,1 mg/l unter denen der Routineproben, wogegen die Nitrit-Werte zwischen 0,05 und 0,07 mg/l, wie auch schon beim Februar-Ereignis deutlich über dem Mittel der Routineproben liegen. Phosphat war auch bei diesem Ereignis nicht nachweisbar. Gesamtphosphor konnte in drei Proben nachgewiesen werden mit Konzentrationen von 0,04 bis 0,1 mg/l. Borat war in allen Proben nachweisbar; die Werte liegen mit 0,08 bis 0,11 im Bereich der Werte der Routineproben.

Am 9.10.1997 wurde am Pegel Kall nur eine Ereignisprobe gezogen. Auffallend war vor allem der Nitrat-Wert, der mit 3,6 mg/l den niedrigsten überhaupt an dieser Probenahmestelle darstellt. Dagegen war der Borat-Wert von 0,15 mg/l der höchste gemessene dieser Stelle. Trübung und pH-Wert lagen genau im Bereich der Routine-Werte. Nitrit, Ammonium, Phosphat und Gesamtphosphor konnten nicht nachgewiesen werden.

5.3.2.3 Wahnbach Pegel

Am Wahnbach wurden nach den festgelegten Kriterien vier Ereignisse beobachtet. Für die physikalisch-chemische Analytik wurden vom Probennehmer aber nur von einem Ereignis vier Proben gebracht; Von den übrigen drei konnte daher jeweils nur eine Probe ausgewertet werden.

Am 5.2.1997 wurde nur eine Probe entnommen. Auffällig waren in dieser Probe Trübung, Ammonium und Borat: Die Trübung lag mit 40 FNU deutlich höher als in den Routineproben. Auch der Ammonium-Wert von 1,7 mg/l und der Borat-Wert von 0,35 übersteigen die Routinewerte deutlich. Die Ergebnisse der restlichen Parameter liegen im Bereich der Routine-Werte.

Von der Ereignisprobe am 9.10.1997 konnte zu vier ausgewerteten parasitologischen Proben (s.u.) nur eine Probe physikalisch-chemisch ausgewertet werden. Hier fiel vor allem die Trübung von 125 FNU deutlich aus dem Bereich der Routinewerte heraus. Sie stellt den höchsten gemessenen Trübungswert überhaupt dar. Der pH ist mit 7,4 unauffällig gegenüber den Routineproben. 4,3 mg/l Nitrat in dieser Probe sind der niedrigste gemessene Wert an dieser Probenahmestelle. Nitrit und Ammonium waren in der Probe nicht nachweisbar, und die Werte für Phosphat (0,8 mg/l), Gesamtphosphor (0,5 mg/l) und Borat (0,2 mg/l) liegen zwar etwas über dem Mittel der Routinewerte, aber immer noch in deren Wertebereich.

Vom 10.10.1997 konnten vier Proben ausgewertet werden. Über diese Proben nimmt die Trübung von 58,2 auf 40,2 FNU ab und liegt so wieder deutlich über den Ergebnissen der Routineproben. Der pH-Wert schwankt zwischen 7,3 und 7,5, bleibt also im Bereich der Routinewerte. Die Nitrat-Werte zwischen 8,9 und 7,9 mg/l liegen, wie schon bei den vorhergehenden Ereignissen, im unteren Bereich der Routine-Werte. Die Nitrit-Werte bleiben über den Probenverlauf mit 0,08 bis 0,11 mg/l annähernd konstant und liegen im Bereich des Mittelwerts der Routineproben. Gleiches gilt für die Ammonium-Konzentrationen zwischen 0,1 und 0,21 mg/l. Auch die Werte für Phosphat (0,4 bis 0,5 mg/l), Gesamtphosphor (0,1 bis 0,5 mg/l) und Borat (0,15 bis 0,16 mg/l) liegen allenfalls leicht über dem Mittel der Routine-Werte.

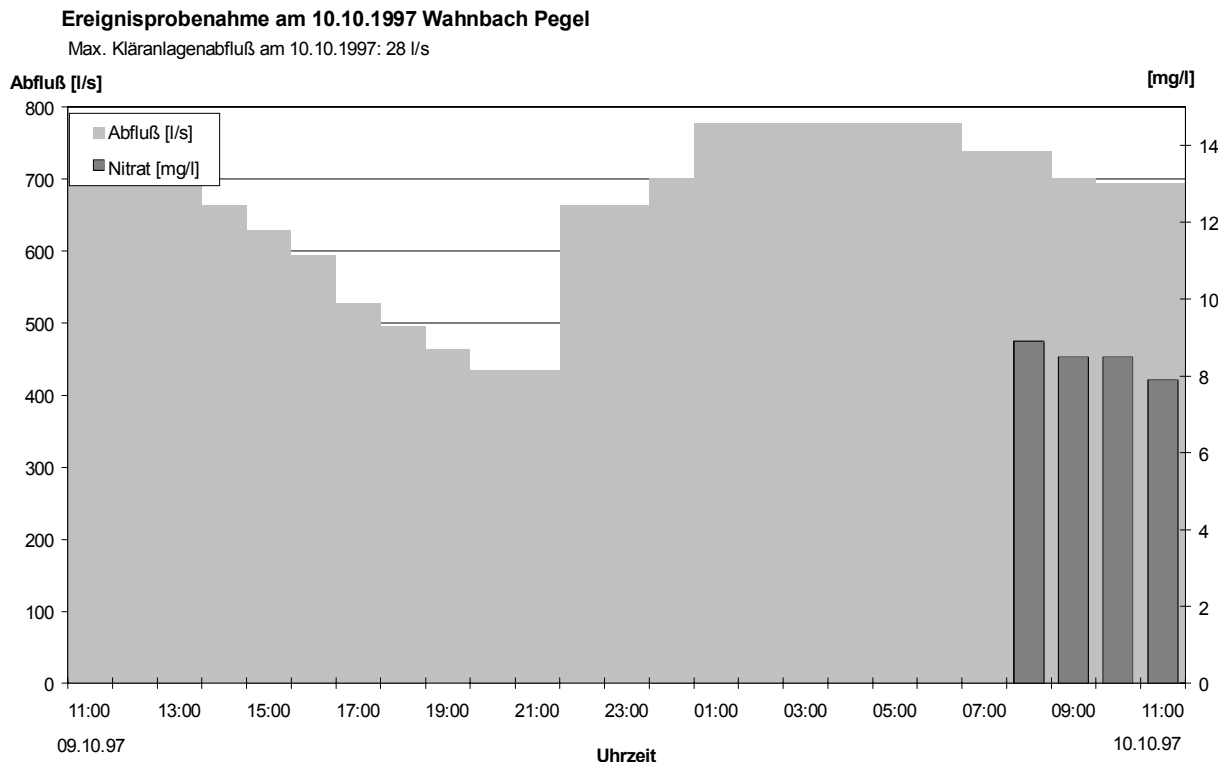


Abb. 51: Abflußverhältnisse und Nitrat am 9./10.10.1997 am Pegel Wahnbach

Von dem Ereignis am 11.12.1997 wurden zwar vier Proben für die Parasitologie genommen, aber nur je eine für Bakteriologie und Chemie. Diese wurden am Anfang der Probenserie genommen. Die Trübung ist hier mit 35,6 FNU die niedrigste von allen vier Ereignissen. Der pH-Wert von 7,3 ist unauffällig. Mit 20,1 mg/l ist der Nitrat-Wert zwar noch im Bereich der Werte der Routineproben, liegt aber doppelt so hoch wie die Ergebnisse der vorangegangenen Ereignisproben. Auch der Nitrit-Wert von 0,14 mg/l ist höher, als die übrigen Ereignis-Konzentrationen, liegt aber ebenfalls noch im Wertebereich der Routineproben. Im Gegensatz zum vorhergehenden Ereignis konnte Ammonium nicht nachgewiesen werden. Die Werte für Phosphat und Gesamtphosphor sind mit 0,17 bzw. 0,04 mg/l deutlich niedriger als die der übrigen Ereignisproben und die der Routineproben. Der Borat-Wert von 0,1 mg/l ist ebenfalls der niedrigste Ereignis-Wert und liegt leicht unter dem Mittel der Routineproben.

5.3.3 Untersuchungen an Kläranlagen

5.3.3.1 KA Niederkassel

Insgesamt wurden zwölf Proben von der Kläranlage Niederkassel physikalisch-chemisch untersucht. Vor allem in den geringen Schwankungen der Trübung von 1,2 bis 7,2 FNU macht sich der Unterschied zu den Fließgewässern bemerkbar. Der pH-Wert ist mit Werten zwischen 6,9 und 7,4 im Bereich natürlicher Gewässer. Die Nitrat-Konzentrationen liegen in zehn der Proben zwischen 2,1 und 9,7 mg/l. Zwei Werte mit 15,4 und 24,2 mg/l im Winter 1997/98 stellen deutliche „Ausreißer“ dar. Die Konzentrationen des Nitrits laufen nicht parallel dazu. Sie liegen zwischen 0,15 und 0,86 mg/l, wobei die beiden höchsten Werte allerdings auch im Winter gemessen wurden. Die Ammonium-Werte schwanken zwischen 0,45 und 24,3 mg/l. Auch hier

wurden die höchsten Werte in den Wintermonaten bei kalter Witterung gemessen. Die Konzentrationen des Phosphat schwanken unregelmäßig zwischen 0,3 und 7,2 mg/l, die des Gesamtphosphors zwischen 0,1 und 1,8 mg/l. Borat wurde im Bereich von 0,4 bis 1,9 mg/l nachgewiesen. Die genannten Parameter bis auf pH und Trübung sind in den folgenden Abbildungen dargestellt:

KA Niederkassel

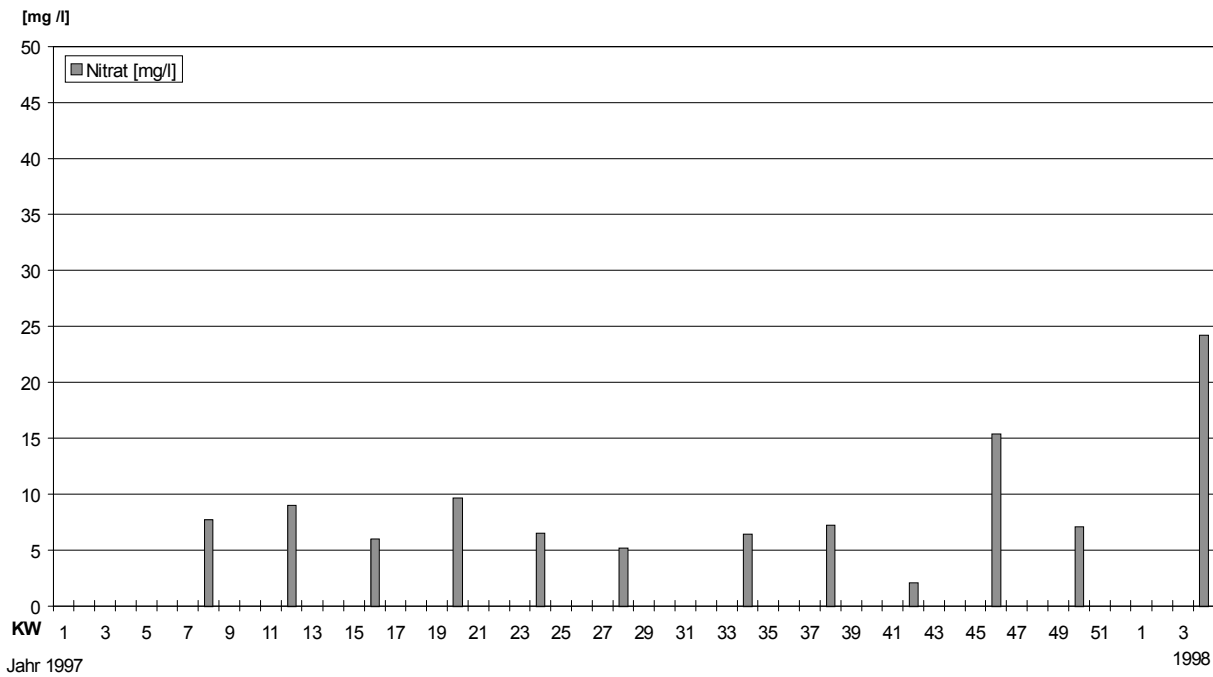


Abb. 52: Nitratgehalte des Kläranlagenablaufs Niederkassel

KA Niederkassel

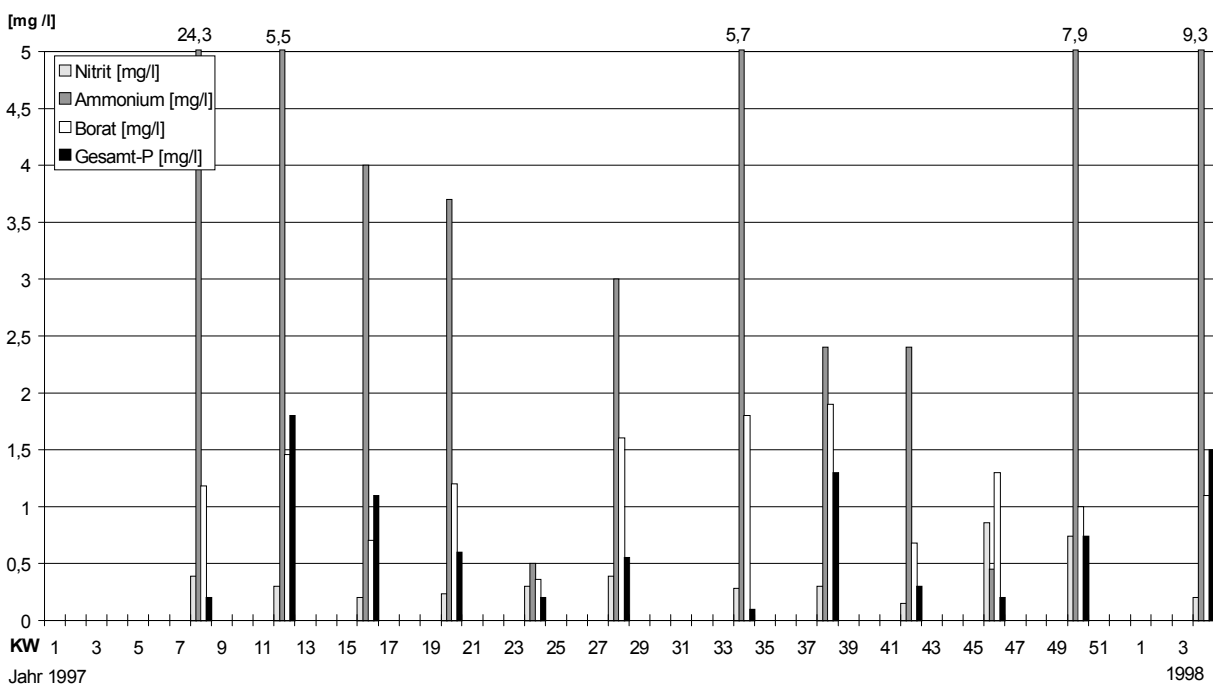


Abb. 53 : Nitrit-, Ammonium-, Borat- und Gesamt-P-Gehalte des Kläranlagenablaufs Niederkassel

5.3.3.2 KA Hillesheim

Von der Kläranlage Hillesheim wurden insgesamt 26 Proben physikalisch-chemisch untersucht. Die Trübungswerte sind mit 0,7 bis 6,1 FNU ähnlich konstant wie in Niederkassel. Der pH-Wert im Bereich von 6,3 bis 7,3 ist ebenfalls unauffällig. Die Nitrat-Konzentrationen schwanken sehr stark von 3,0 bis 75 mg/l, bei einem Mittelwert von 19 mg/l. Eine Saisonabhängigkeit der Werte ist nicht zu erkennen. Auch die Nitrit-Konzentrationen weisen große Schwankungen auf (0,04 bis 1,8 mg/l). Beim Ammonium wurden bei niedrigen Außentemperaturen Anfang 1997 mit 26 und 35 mg/l die höchsten Werte erreicht. Die übrigen Werte im Jahr liegen zwischen 0,2 und 2 mg/l. Bei den Phosphat- und Gesamtphosphor-Werten macht sich gegenüber der KA Niederkassel das Fehlen einer Phosphatfällung deutlich bemerkbar: Die Phosphat-Konzentrationen erreichen Werte zwischen 5,8 und 20 mg/l, Die Gesamtphosphor-Konzentrationen schwanken zwischen 0,69 und 8,3 mg/l. Die Konzentrationen des Borats liegen im Bereich von 0,36 bis 2,4 mg/l.

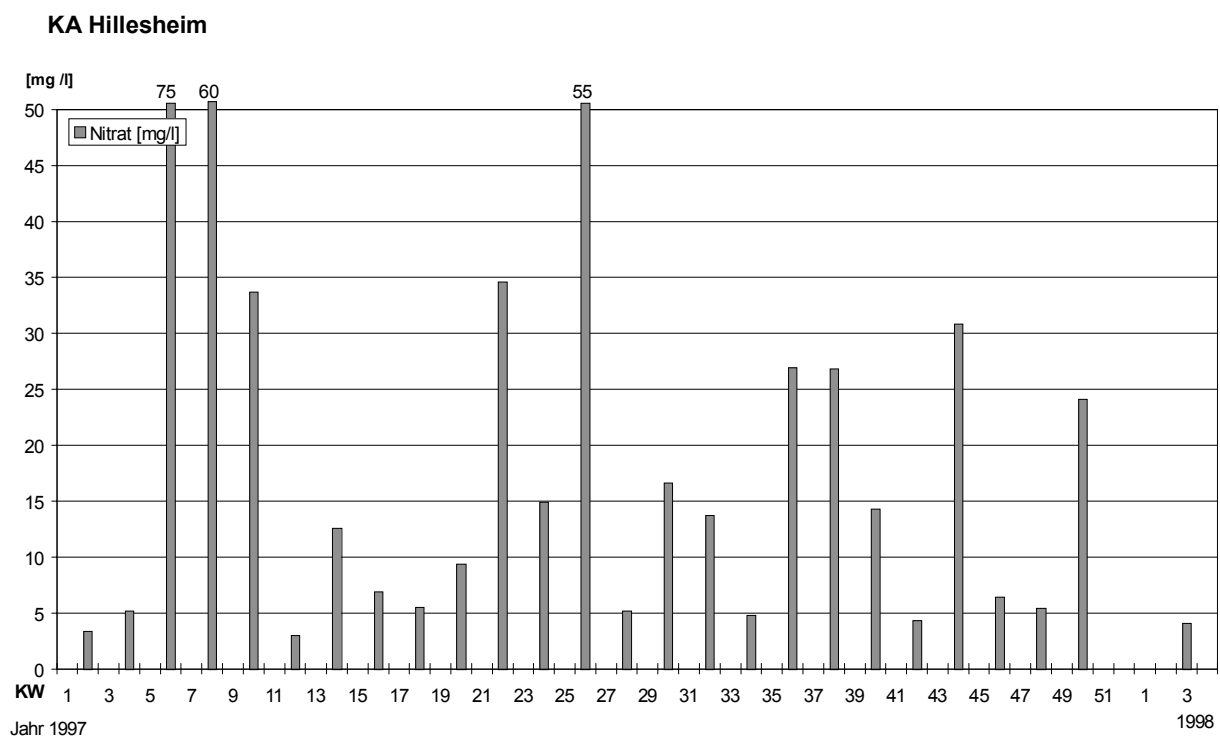


Abb. 54: Nitratgehalte des Kläranlagenablaufs Hillesheim

5.3.4 Ereignisbezogene Untersuchungen von Regenüberlaufbecken

In der Probe vom 19.10.2000 vom Überlauf des RÜB II der Kläranlage Flerzheim hatte das überlaufende Wasser eine graubraune Farbe und roch schwach nach Fäkalien. Der pH-Wert betrug 7,5. Das Wasser enthielt 6,7 mg/l Sauerstoff und wies eine Trübung von 62,2 FNU auf. Im Labor wurden abfiltrierbare Stoffe mit 17,6 mg/l gemessen. Der CSB lag unterhalb der Bestimmungsgrenze. Kjeldahl-Stickstoff wurde mit 7,8 mg/l bestimmt.

5.4 Bakteriologische Untersuchungen

Flankierend zu den parasitologischen Untersuchungen wurden sowohl chemische wie auch bakteriologische Untersuchungen durchgeführt. Diese werden im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter vorgestellt, da sie Gegenstand einer eigenen Dissertation sind. Die Einzelergebnisse der Untersuchungen sind allerdings im Anhang aufgeführt. In der Diskussion werden diese Ergebnisse nur berücksichtigt, soweit sie in einen Zusammenhang mit den parasitologischen Befunden gebracht werden können.

6 Diskussion

6.1 Vergleich der Verhältnisse in den Einzugsgebieten

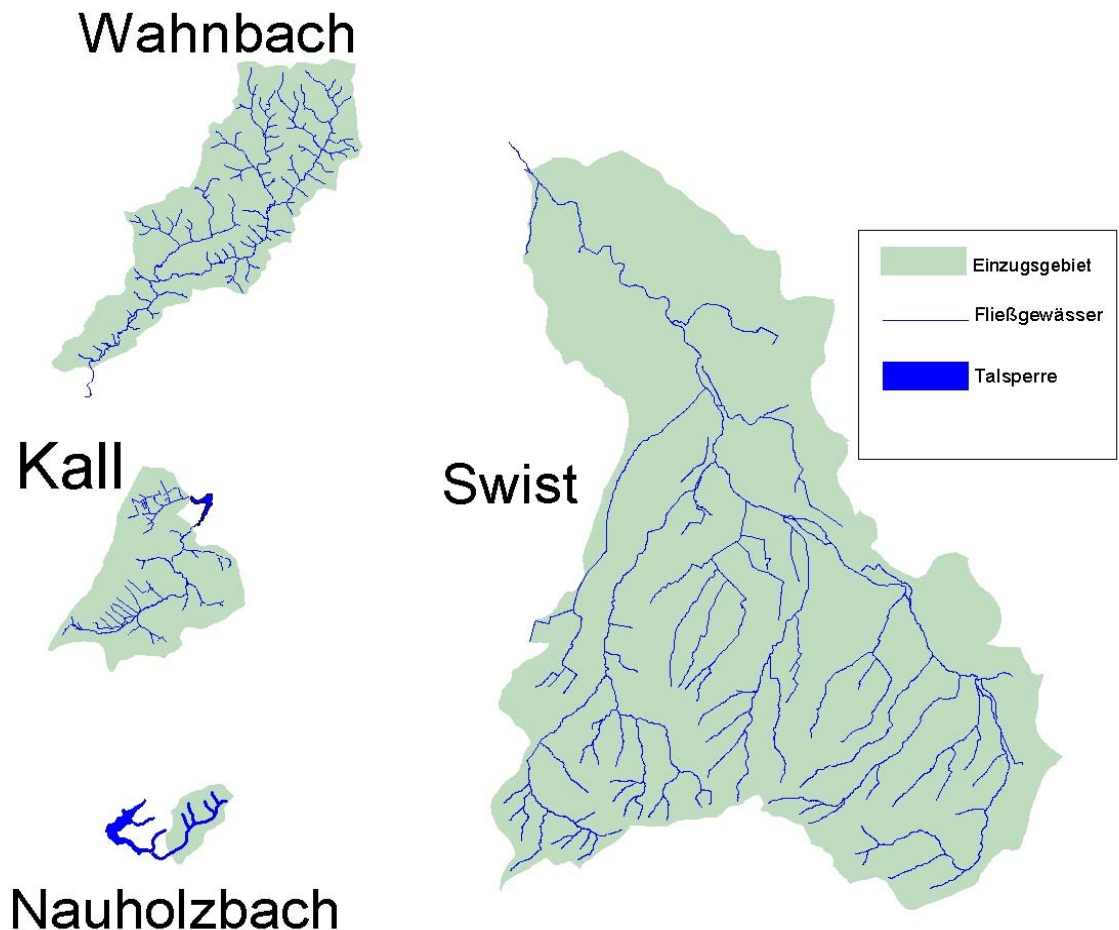


Abb. 55: Größenvergleich der vier Einzugsgebiete bei gleichem Maßstab

Das Einzugsgebiet des Nauholzbaehes erschien in vielerlei Hinsicht geeignet als Referenzgebiet für die anderen Untersuchungsgebiete: Es liegt abseits menschlicher Siedlungen, landwirtschaftliche Nutzungen existieren so gut wie nicht, Industrie oder Kommunen leiten keinerlei Abwässer ein und direkte Nutzungen des Gewässers sind nicht zu beobachten, abgesehen von der Speisung der Trinkwassertalsperre. Es ist außerdem das kleinste der untersuchten Gebiete (vgl. Abb. 55), und der Nauholzbach weist trotz der höchsten Gebietsniederschläge pro Jahr die niedrigsten Abflußintensitäten auf. Die fast vollständige Bedeckung der Fläche mit Wald repräsentiert darüber hinaus den potentiell natürlichen Vegetationszustand, wie er für die anderen Gebiete ebenfalls einmal bestanden hat.

Tabelle 12: Vergleich einiger Kenndaten der Einzugsgebiete

	Fläche (km ²)	Einwohnerzahl	Anzahl Höfe	vorwiegende Landnutzung	Höhenlage ü.NN (m)	Niederschläge / Jahr (mm)	Abflussmengen (l/s)
Nauholzbach	3,27	0	0	Wald	300 - 600	1.000 - 1.400	2,7 - 338,0
Kall	24,2	5.300	48	Grünland	420 - 600	1.000 - 1.150	22,0 - 2.191,0
Wahnbach	69,3	16.000	150	Grünland	130 - 383	800 - 1.200	30,0 - 6.398,0
Swist	285	70.000	133 (Aue)	Ackerbau	105 - 325	600 - 700	98,0 - 14.754,0

Das Einzugsgebiet der Swist ist dagegen das andere Extrem: Nur die Oberläufe weisen noch eine annähernd naturnahe Struktur auf, und liegen in Waldgebieten; das restliche Einzugsgebiet (73%) ist dicht besiedelt und wird intensiv landwirtschaftlich genutzt, wobei intensiver Ackerbau deutlich überwiegt. Geringe Hangneigungen machen Abspülungen von landwirtschaftlichen Flächen allerdings unwahrscheinlich. Das Abwasser der ca. 70.000 Menschen im Gebiet gelangt über acht Kläranlagen und eine Vielzahl von Entlastungsbauwerken der Kanalisation in die Gewässer, zusätzlich zu Abwässern aus Gewerbe und Industrie. Die vergleichsweise niedrigen Jahresniederschlagsmengen und die hohe Jahresverdunstung kennzeichnen das Gebiet außerdem als Wassermangelgebiet und machen den Import von Trinkwasser aus anderen Gebieten nötig. Am Pegel in Weilerswist finden sich die höchsten Abflußintensitäten aller vier Untersuchungsgewässer, wobei es, bedingt auch durch den hohen Versiegelungsgrad, teilweise zu extremen Hochwassersituationen kommen kann.

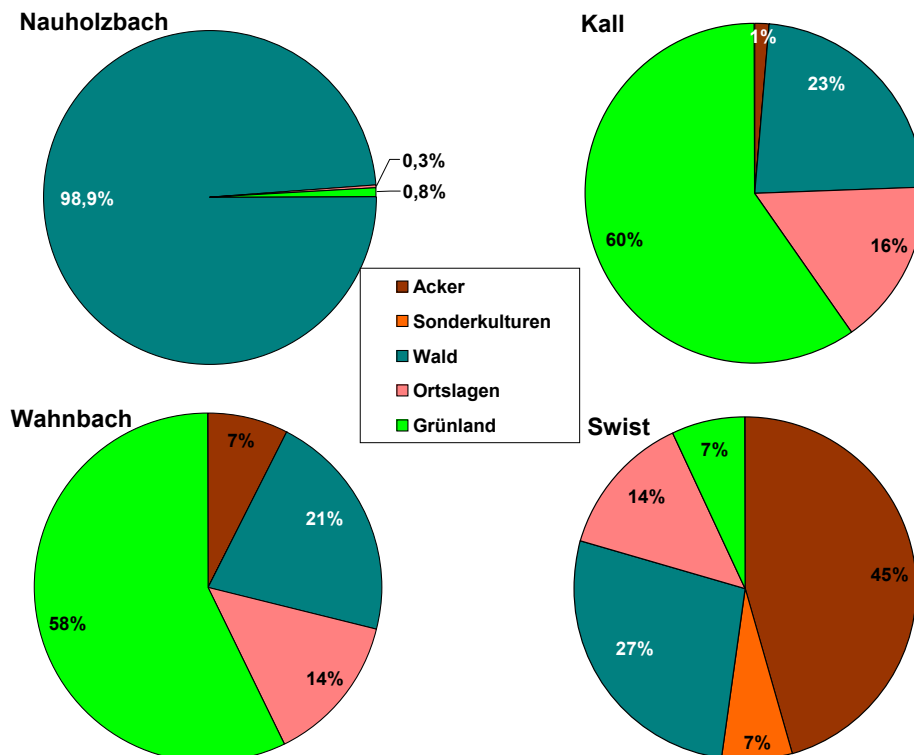


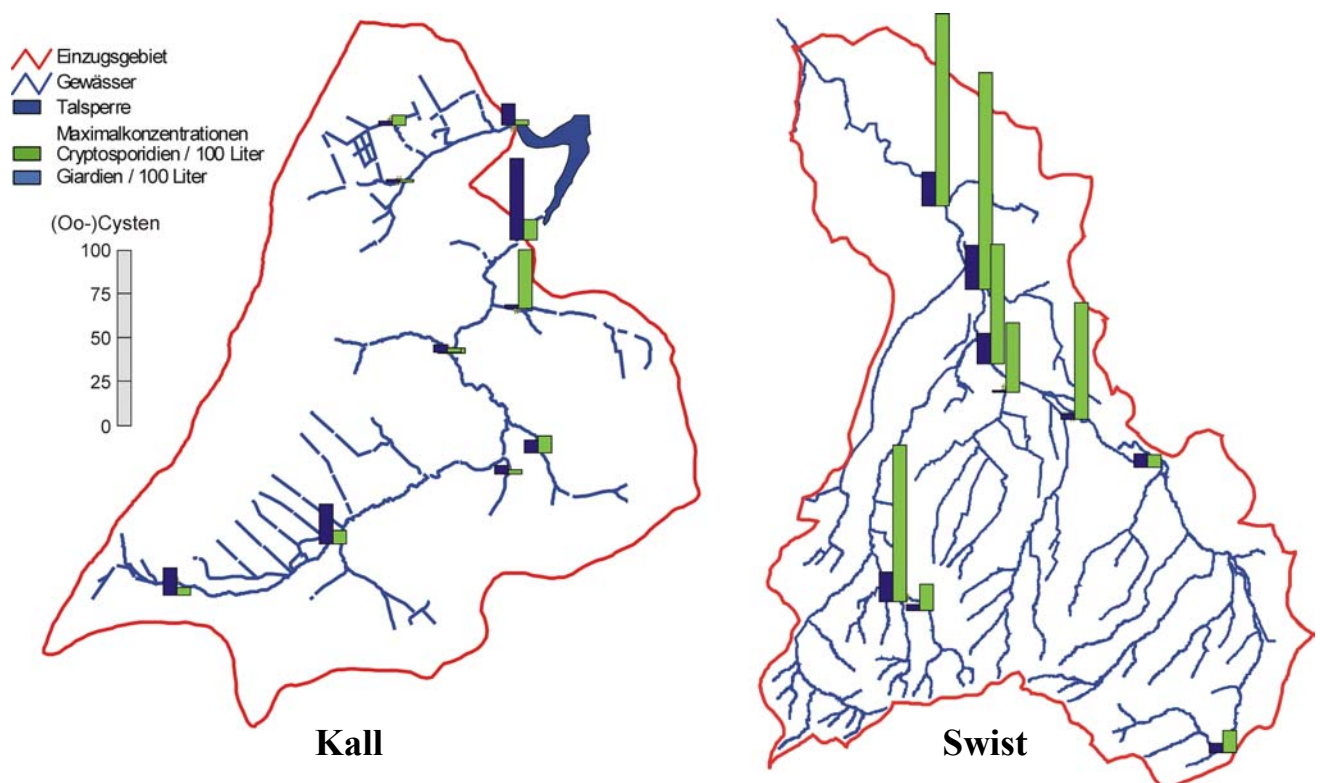
Abb. 56: Vergleich der Flächennutzungen in den Einzugsgebieten

Das Einzugsgebiet der Kall wird überwiegend zur Grünlandwirtschaft in Form von Milchviehhaltung genutzt, der Waldanteil ist noch geringfügig geringer, als an der Swist. Teilweise starke Hangneigungen erhöhen das Risiko einer Abspülung von Viehausscheidungen in die Gewässer. Das Abwasser der 5.300 Einwohner ge-

langt allerdings nicht im Untersuchungsgebiet in die Gewässer, sondern erst unterhalb der Trinkwassertalsperre. Einträge dieser Art sind hier nur durch Regenentlastungen der Kanalisation möglich. Die Jahresniederschlagsmengen liegen etwa auf gleicher Höhe mit dem Wahnbachgebiet zwischen Nauholzbach- und Swist-Einzugsgebiet.

Im Einzugsgebiet des Wahnbaches sind die Verhältnisse denen des Kall-Einzugsgebietes sehr ähnlich, bei allerdings deutlich größerem Einzugsgebiet und höheren Abflußintensitäten. Die Besiedlungsdichte liegt zwischen dem Einzugsgebiet der Kall und der Swist. Gravierender Unterschied zur Kall ist die Tatsache, daß es im Einzugsgebiet zwei Kläranlagen gibt, die gereinigte Abwässer in den Wahnbach einleiten. Durch das Vorhandensein einiger Siedlungsflächen, die nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossen sind, ist darüber hinaus eine Einleitung unzureichend geklärten Abwassers in die Gewässer nicht auszuschließen.

Die unterschiedlichen Nutzungstypen "nur Wald", "überwiegend Grünland", "überwiegend Grünland und Kläranlagen" und "dicht besiedelt und intensiver Ackerbau" zeigen sich in der Übersicht in Abb. 56 bei der Darstellung der Flächenanteile sehr deutlich.



**Abb. 57 : Maximale Parasitenkonzentrationen in den Einzugsgebieten von Kall und Swist
(Ohne Starkregenereignisse)**

6.2 Analyse der Untersuchungsergebnisse

Im Folgenden werden die parasitologischen Ergebnisse zusammenfassend verglichen und einer Bewertung unter Berücksichtigung der Verhältnisse in den Einzugsgebieten unterzogen.

Die Bewertung solcher Analysenergebnisse muß gleichermaßen gemittelte (Median-) Werte und Maximalwerte berücksichtigen: Letztere sind der ausschlaggebende Maßstab für die Aussprache von Nutzungsmöglichkeiten oder –Einschränkungen, da sie das Szenario des "worst-case" beschreiben, dem z.B. die Aufbereitung eines Wasserwerkes gewachsen sein muß, um ein Gewässer zur Trinkwasseraufbereitung nutzen zu können. Die Median-Werte auf der anderen Seite liefern ein gutes Bild für die "Grundlast", die ein Gewässer unter nicht-extremen Bedingungen mitbringt. Jeweils nur den einen oder anderen Kennwert zu berücksichtigen, ergäbe oftmals ein unvollständiges, manchmal auch irreführendes Bild, wie weiter unten noch belegt werden wird.

6.2.1 Regelprobenahmen an Gewässern

Von den insgesamt 298 Proben wurden 147 als Regelproben in den vier Einzugsgebieten genommen und ausgewertet. Bereits bei der zusammenfassenden Betrachtung nur der Ergebnisse der Probestellen am Ausgang des Einzugsgebietes zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Gewässern: Am Pegel des Nauholzba-ches konnten in 87,5 % der Proben Oocysten von *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen werden. Die Konzentrationen betrugen maximal 52,5 Oocysten / 100 L. Damit lag die Nachweisfrequenz für Cryptosporidien über der an den Pegeln Wahnbach (65,4 %) und Kall (78,6 %). Die Maximalkonzentration für Cryptosporidien an der Kall war mit 65,6 Oocysten / 100 L höher als am Nauholzbach. Am Wahnbach dagegen lagen alle Regel-Werte mit maximal 23,1 Oocysten / 100 L deutlich unter denen vom Nauholzbach. An der Swist wurde an der untersten Probenahmestelle des Einzugsgebietes (P22) in allen vier Regelproben *Cryptosporidium sp.* nachgewiesen. Es ergaben sich hier mit 22,0 Oocysten / 100 L allerdings die niedrigsten Maximalkonzentrationen von allen vier Untersuchungsgebieten. Auch der Median-Wert der Regel-Ergebnisse am Nauholzbach war nicht wie erwartet der niedrigste: Mit 2,4 Oocysten / 100 L lag er zwischen den Werten am Wahnbach (1,3) und der Kall (2,75 Oocysten / 100 L). Der Cryptosporidien-Median am Ausgang des Swist-Einzugsgebietes (P22) war mit 9,7 Oocysten / 100 L deutlich höher. Am Nauholzbach wurden die Maximalwerte im Sommerhalbjahr gemessen, wogegen an den Pegeln von Kall und Wahnbach und an den Probestellen an der Swist die Werte im Winterhalbjahr ein deutliches Maximum zeigten. Hier bildet sich der Unterschied in der Bewirtschaftung der Einzugsgebiete ab: *Cryptosporidium*-Oocysten aus Gülleausbringungen und Viehexkrementen auf Weideflächen werden vermehrt im Winterhalbjahr durch oberflächlichen Abfluß in die Gewässer eingeschwemmt; Im Gebiet des Nauholzba-ches fehlt diese Nutzung, stattdessen macht sich hier im Sommer die erhöhte Verweildauer des Wildes an den Gewässern bemerkbar.

Cysten von *Giardia lamblia* wurden am Pegel des Nauholzba-ches in 12,5 % der Regelproben gefunden mit einer Maximalkonzentration von 1,1 Cysten / 100 L. An den Pegeln von Wahnbach und Kall lagen sowohl die Nachweisfrequenz (65,4 bzw. 53,6 %) wie auch die gemessenen Maximalkonzentrationen (9,1 bzw. 11,1 Cysten / 100 L) deutlich höher. An der Swist wurden an der untersten Stelle immer Giardien nachgewiesen. Die niedrigste dort nachgewiesene Konzentration (13,0 Cysten / 100 L) lag bereits höher als die Maximalwerte in den anderen Einzugsgebieten, die Maximalkonzentration von 117 Cysten / 100 L entspricht mehr als dem Zehnfachen der maximalen Konzentration an den Pegeln Kall und Wahnbach und mehr als dem 100-fachen der Maximalkonzentration am Pegel Nauholzbach. Dieser Trend bestätigte sich auch bei Betrachtung der Median-Werte: Der mit Abstand höchste Median-Wert mit 71,2 Cysten / 100 L wurde an der Swist an der Stelle

P22 festgestellt; Am Pegel Wahnbach betrug der Wert 1,1, am Pegel Kall 0,8 und am Pegel Nauholzbach 0 Cysten / 100 L. Eine Deutung der *Giardia*-Befunde hinsichtlich einer saisonalen Verteilung der Werte in den Regelproben ist nicht in der Qualität möglich, wie bei *Cryptosporidium*. Zwar weisen einige Probenahmestellen in jeweils einem Quartal deutlich höhere Werte auf, als in den anderen; Ein Trend in dem Sinne eines z.B. für das Einzugsgebiet der Swist anzugebenden Jahresganges ist aber nicht erkennbar.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Ergebnisse der Regelproben an den Gewässern

PN-Stelle	Anzahl Proben	<i>Cryptosporidium</i>			<i>Giardia lamblia</i>		
		Min - Max nur positive	positiv %	Median gesamt	Min - Max nur positive	positiv %	Median gesamt
Nauholzbach Pegel (P01)	16	0,5 - 52,2	87,5	2,4	0,6 - 1,1	12,5	0
Wahnbach Pegel (P02)	25	1,0 - 23,1	64,0	1,3	0,6 - 9,1	68,0	1,1
Entenpfuhl (P03)	5	0,6 - 14,9	100,0	3,4	1,2 - 3,9	40,0	0
Hoscheit (P04)	4	0,6 - 22,4	75,0	2,55	1,9 - 7,5	100,0	4,4
Bruchgraben (P05)	6	0,6 - 4,6	66,7	2,7	0,8 - 2,2	50,0	0,95
Fischbach (P06)	6	1,5 - 6,7	83,3	5,4	0,7 - 9,3	66,7	1,3
Kall vor Paustenbach (P07)	4	0,5 - 0,8	75,0	0,7	0,5 - 3,1	75,0	2,9
Paustenbach (P08)	6	1,5 - 3,9	66,7	1,9	0,7 - 1,9	50,0	0,7
Roßbach (P09)	3	0,7 - 1,8	100,0	1,5	2,2 - 33,2	100,0	16
Kall Pegel (P10)	27	0,6 - 45,8	77,8	2,7	0,6 - 11,1	55,6	0,8
Domäne-Drainage (P11)	5	1,3 - 2,5	40,0	0	2,6 - 5,7	60,0	2,6
Keltzerbach li Arm (P12)	3	0,8 - 1,1	66,7	0,8	1,1 - 1,1	33,3	0
Keltzerbach (P13)	7	1,3 - 11,4	100,0	1,7	0,9 - 2,5	28,6	0
Swist, oberhalb Holzweiler (P14)	4	4,0 - 7,0	50,0	2	5,9 - 14,4	75,0	6,45
Swist, oberhalb KA Flerzheim (P15)	4	8,7 - 9,5	50,0	4,35	2,9 - 9,4	50,0	1,45
Sürstbach, oberhalb KA Loch (P16)	2	5,1 - 5,1	50,0	2,55	0,6 - 17,4	100,0	9
Sürstbach, unterhalb KA Loch (P17)	2	0,7 - 19,1	100,0	9,9	29,6 - 96,0	100,0	62,8
Swist, unterhalb KA Flerzheim (P18)	4	3,4 - 5,0	50,0	1,7	8,0 - 71,1	100,0	10,35
Wallbach, an Kreisstraße 52 (P19)	2	2,4 - 2,4	50,0	1,2	16,8 - 43,4	100,0	30,1
Swist, unterhalb KA Miel, (P20)	4	1,1 - 19,4	75,0	4,35	12,0 - 73,0	100,0	22,05
Swist, oberhalb KA Heimerzheim (P21)	4	1,6 - 28,0	75,0	9,3	28,0 - 132,0	100,0	70,5
Swist, unterhalb KA Heimerzheim (P22)	4	2,1 - 22,0	100,0	9,7	13,0 - 117,0	100,0	71,2

In 90 % der Proben im gesamten Einzugsgebiet der Swist konnten Cysten von *Giardia lamblia* nachgewiesen werden. Die Negativ-Befunde wurden alle an den beiden obersten Probestellen (P14 und P15) erzielt. Auch die noch messbaren Konzentrationen lagen in diesen Bereichen deutlich niedriger als im restlichen Swist-Gewässersystem. Im Verlauf des Hauptgewässers Swist nimmt die Konzentration der *Giardia*-Cysten über die Lauflänge deutlich zu (Abb. 58).

Am Schiefelsbach und am Wallbach konnte *Giardia* in allen Proben nachgewiesen werden.

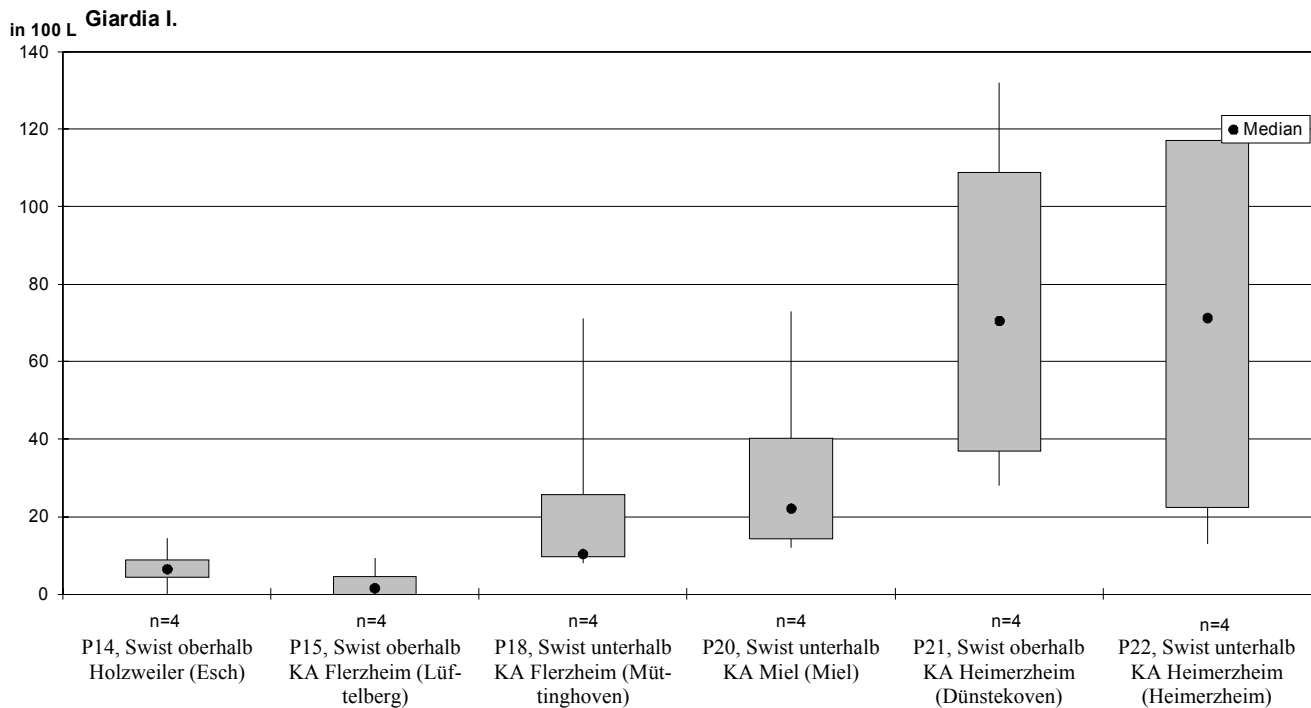


Abb. 58: Zusammenfassung der Nachweise von *Giardia lamblia* im Verlauf der Swist

Die Nachweisfrequenz der beiden untersuchten Parasiten liegt in der Größenordnung vergleichbarer Untersuchungen (s.u.). Hinsichtlich der Häufigkeit des Cryptosporidien-Nachweises liegen die im Swist-Gebiet beprobten Bäche in der gleichen Größenordnung, wie an Nauholzbach, Wahnbach und Kall. Die Häufigkeit des Nachweises von *Giardia*-Cysten liegt allerdings im Swist-Gebiet über den Häufigkeiten der Anderen.

Hinsichtlich der gemessenen Konzentrationen liegen die im Einzugsgebiet Swist untersuchten Gewässer im Median bei den Cryptosporidien etwas über den Werten der anderen Einzugsgebiete. Die Mediane der *Giardia*-Konzentrationen liegen dagegen deutlich über denen der vorher genannten Gebiete: An Nauholzbach, Wahnbach und Kall lagen die Mediane für *Giardia* zwischen 0 und 1,5, im Einzugsgebiet der Swist zwischen 1,5 und 71,2 Cysten/100 L. Diese Spanne übertrifft die von [105] für Giardien genannten Werte von 0,5 bis 34 Cysten/100 L. in Bächen ohne Einleitungen. Dieses Beispiel, wie auch die Tatsache, daß die Konzentrationen von *Cryptosporidium spp.* gelegentlich und die von *Giardia lamblia* nahezu immer deutlich über denen der zuvor untersuchten Trinkwasser-Talsperren-Zuläufe liegen, zeigt den offenbar schlechteren Schutz der Swist und ihrer Zuflüsse vor diesen Organismen.

An den Probenahmestellen im Verlauf der Swist gelang in 73 % der Proben der Nachweis von *Cryptosporidium*-Oocysten. Die Negativ-Befunde verteilten sich auf alle Probestellen am Gewässer. Die mit zunehmender Fließstrecke im Median leicht ansteigenden Werte lassen aufgrund der durchgeführten Probenanzahl pro Stelle allerdings keine Trendinterpretation zu. Im Schiefelsbach wurden Cryptosporidien in drei von vier Proben und im Wallbach in zwei von vier Proben nachgewiesen.

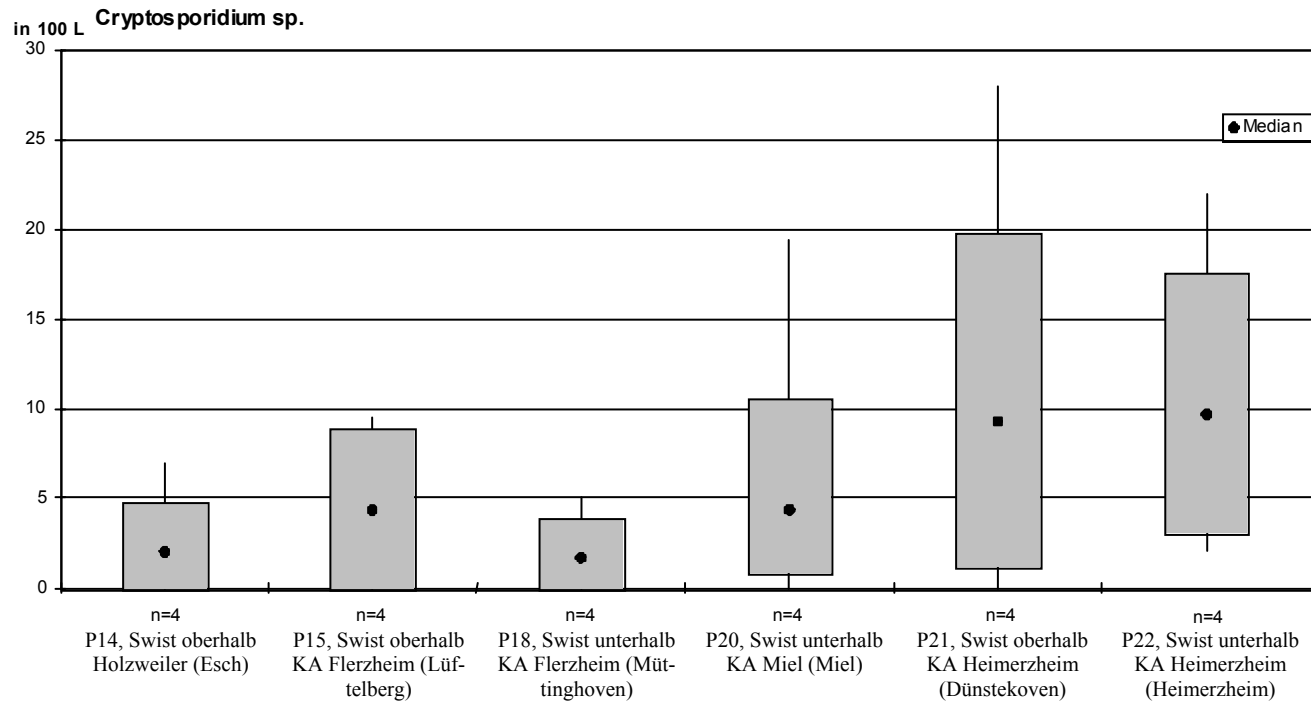


Abb. 59: Zusammenfassung der Cryptosporidien-Untersuchungen an der Swist

Die höchsten *Cryptosporidium*-Werte wurden an den Stellen P21 (Swist oberhalb KA Heimerzheim), und P22 (Swist unterhalb KA Heimerzheim) gemessen. 19 Oocysten/100 L. wurden außerdem noch je einmal in der Swist unterhalb der Kläranlage Miel und im Schiefelsbach unterhalb der Kläranlage Loch gemessen.

Da Cryptosporidien nicht regelmäßig nachgewiesen werden konnten, erfolgt deren Eintrag im Einzugsgebiet der Swist offensichtlich nur sporadisch. In der Aue der Swist ab der Probenahmestelle P14 existiert so gut wie kein Wald mehr, und so ist in diesem Bereich auch von einem Eintrag durch Wild in den Bach nicht auszugehen. Und die überwiegend ackerbauliche Nutzung der an die Swist angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen verhindert ebenfalls den regelmäßigen Eintrag von Cryptosporidien aus Viehbeständen. Hier wäre ein Eintrag allenfalls durch Abschwemmung von Wirtschaftsdünger (Gülle) möglich. Im Feld konnte aber zum Einen die Ausbringung von Gülle nur selten beobachtet werden, zum Anderen wirkt in diesem Fall das über weite Strecken am Gewässer angelegte breite Trapezprofil, in dem keine Nutzung stattfindet, als Schutzstreifen.



Foto 7: Viehtritt im Oberlauf des Schiefelsbaches oberhalb Probestelle P16



Foto 8: Viehtränkestelle an der Kläranlage Loch

Dagegen ist der Einfluß von Nutztieren in den ackerbaulich ungünstigeren Bereichen an den Oberläufen der Gewässer des Untersuchungsgebietes offensichtlich. Im Oberlauf der Swist grenzen ausgedehnte (Pferde-) Weiden direkt an den Uferstreifen an, und am Schiefelsbach haben Rinder sowohl im Oberlauf, als auch im Bereich der Kläranlage Loch freien Zugang zum Gewässer (Fotos 7 und 8). Eine weitere mögliche Eintragsquelle für Cryptosporidien stellt am Schiefelsbach außerdem das oberhalb von P16 gelegene Damwildgatter dar, welches den Tieren ebenfalls direkten Zutritt zum Gewässer gewährt (Foto 9).

Das regelmäßige Vorhandensein von *Giardia*-Cysten im Mittel- und Unterlauf der Swist und deren Zunahme über die untersuchte Fließstrecke läßt sich durch die Tatsache, daß in den Kläranlagenausläufen Cysten von *Giardia lamblia* nahezu immer nachgewiesen werden konnten, erklären. Der gelegentliche Nachweis von *Giardia*-Cysten bereits im Oberlauf der Swist deutet auf einen diskontinuierlichen Eintrag aus menschlichen oder tierischen Fäkalien hin. Eine mögliche Quelle für menschliche Fäkalien ist eine im Quellbereich der Swist liegende Ferienhaussied-



Foto 9: Damwildgehege oberhalb der Probestelle P16

lung. Eine direkte Einleitung in das Gewässer konnte allerdings nicht festgestellt werden. Die Ausführungen von [81] belegen, daß *Cryptosporidium sp.* neben Rindern auch von Pferden, Schweinen und Schafen ausgeschieden werden können. Vor diesem Hintergrund stellen die oben bereits genannten ausgedehnten Weiden im Oberlauf der Swist einen weiteren Erklärungsansatz für die Parasitennachweise dar. [105] belegen darüber hinaus, daß vor allem in Kalbungszeiten *Giardia lamblia* von Rindern ausgeschieden werden kann.

Auch am Schiefelsbach macht sich der Einfluß der Kläranlage Loch durch höhere *Giardia*-Konzentration unterhalb der Kläranlage deutlich bemerkbar.

Die im Wallbach gefundenen Parasiten-Konzentrationen sind vollständig durch die von der Kläranlage Rheinbach abgegebenen Cysten zu erklären, da der Kläranlagenablauf den Hauptanteil der Wassermenge des Baches beisteuert.

6.2.2 Probenahmen bei Starkregenereignissen

Starkregenereignisse wurden nur in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Kall und Wahnbach beprobt; im Einzugsgebiet der Swist stand zum Untersuchungszeitpunkt die entsprechende Probenahmelogistik nicht zur Verfügung.

Insgesamt wurden bei neun Starkregenereignissen 32 Proben gewonnen, wobei am Nauholzbach zwei, am Wahnbach vier und an der Kall drei Ereignisse untersucht werden konnten.

Die Nachweisfrequenzen in diesen Ereignisproben stiegen für *Cryptosporidium sp.* an allen drei untersuchten Stellen deutlich gegenüber den Regelproben an: An Wahnbach und Kall wurden in allen Proben Oocysten nachgewiesen, am Nauholzbach immerhin in 6 von sieben Proben. Die maximal festgestellten Oocysten-Konzentrationen lagen nur am Wahnbach über denen der Regelproben, dort aber bis zu siebenfach. Die Mediane der *Cryptosporidium*-Werte betragen aber das fünf- (Nauholzbach) bis zehnfache der Mediane der Regelproben: Der Pegel Nauholzbach wies mit 11,4 Oocysten / 100 L den niedrigsten *Cryptosporidien*-Median bei Regenwetter auf. Mit Werten von 14,3 an der Kall und 17,5 Oocysten / 100 L am Wahnbach lag die Mediane insgesamt nicht weit auseinander.

Sowohl die Nachweisfrequenz wie auch die festgestellten Konzentrationen für *Giardia lamblia* stiegen am Wahnbach während der Regenereignisse an, an der Kall gingen sie leicht zurück. Am Nauholzbach konnten bei Starkregen gar keine Cysten nachgewiesen werden, folglich ergab sich hier auch für den Median 0. Auch am Pegel Kall ergab sich ein Median von 0 Cysten / 100 L. Deutlich höher ist nur der Median der *Giardia*-Werte am Wahnbach mit 12,4, der ebenfalls das zehnfache des Regelmedians beträgt.

Tabelle 14: Zusammenfassung der Untersuchungen bei Starkregenereignissen

Probenahmestelle	Anzahl Proben	<i>Cryptosporidium</i>			<i>Giardia lamblia</i>		
		Min - Max positive	positiv %	Median gesamt	Min - Max positive	positiv %	Median gesamt
Nauholzbach Pegel (P01), E	7	9,9 - 35,5	85,7	11,4	-		0
Wahnbach Pegel (P02), E	14	3,0 - 147,1	100,0	17,05	3,5 - 21,6	78,6	12,4
Kall Pegel (P10), E	11	6,0 - 65,6	100,0	14,3	1,5 - 21,0	45,5	0
Ablauf Regenüberlaufbecken II, Flerzheim (P29), E	1	12,0 - 12,0	100,0	12	1.929 - 1.929	100,0	1929

6.2.3 Probenahmen an Kläranlagen; Vergleich der Belastungen und Reinigungsleistungen

Insgesamt wurden an den ausgewählten Kläranlagen-Zuläufen 40 und an den –Abläufen 78 Proben gewonnen. An den Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist erfolgten die Beprobungen von Zu- und Ablauf soweit wie möglich korrespondierend, um valide Aussagen über die Reinigungsleistung der Kläranlagen machen zu können. Die Festlegung des Zeitversatzes zwischen Zu- und Ablauf-Probenahme erfolgte aufgrund der Zulaufwassermenge und der jeweiligen Anlagenvolumina, womit sich eine ungefähre Aufenthaltsdauer des Wassers in den Anlagen berechnen ließ.

Von den Kläranlagen Niederkassel und Hillesheim konnten seinerzeit keine Zulaufproben untersucht werden, so daß für diese Anlagen auch keine Reinigungsleistungen errechnet werden konnten.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt zunächst auf, daß *Giardia lamblia* fast durchgehend sowohl im Zu- wie im Ablauf der Anlagen zu finden war, wohin gegen *Cryptosporidium sp.* nur in 20 bis 60 % der Zulaufproben und in 0 bis 58% der Ablaufproben nachgewiesen wurde. Auch die Konzentrationen der beiden Parasitendauerstadien lagen deutlich auseinander: Die *Cryptosporidium*-Konzentrationen lagen im Zulauf maximal bei 233 Oocysten / 100 L, in der Regel unter 100, *Giardia*-Cysten wurden dagegen nie unter 200 / 100 L gezählt; In der Regel lagen die Konzentrationen über 1.000 Cysten / 100 L, mit einem Spitzenwert von fast 200.000 Cysten / 100 L.

Wenn *Cryptosporidien*-Oocysten in den Kläranlagen-Zuläufen nachweisbar waren, lagen ihre Konzentrationen weit über denen der untersuchten Gewässer. Die Median-Werte der Zulauf-Konzentrationen waren aber, abgesehen von 59 Oocysten / 100 L im Zulauf der Kläranlage Heimerzheim, maximal so hoch, wie die bei Starkregenereignissen an den drei oben genannten Pegeln ermittelten *Cryptosporidien*-Median-Werte. Offenbar sind die in dieser Arbeit untersuchten Kläranlagen sehr wenig mit Abwasser aus landwirtschaftlichen Betrieben, bzw. Ablaufwasser von Hofflächen konfrontiert, so daß hohe *Cryptosporidien*-Zulauf-Konzentrationen, wie sie in der Literatur beschrieben sind (z.B. 450 Oocysten / 100 L. bei [14]), nicht auftraten.

Tabelle 15: Zusammenfassung der Kläranlagen-Untersuchungen

Probenahmestelle	Anzahl Proben	<i>Cryptosporidium sp.</i>			<i>Giardia lamblia</i>		
		min – max positive	positiv %	median gesamt	min – max positive	positiv %	median gesamt
KA Hilberath, Zulauf (P25)	5	14,8 - 53,6	60,0	14,8	212,0 - 59.348	80,0	13.111
KA Flerzheim, Zulauf (P27)	10	17,0 - 103,0	20,0	0	14.420 - 82.432	100,0	36.647
KA Rheinbach, Zulauf (P30)	10	11,7 - 52,3	20,0	0	8.638 - 60.398	100,0	13.483
KA Miel, Zulauf (P32)	5	77,8 - 151,0	40,0	0	4.549 - 54.205	100,0	19.586
KA Loch, Zulauf (P34)	5	50,0 - 50,0	20,0	0	451,0 - 194.658	100,0	1.618
KA Heimerzheim, Zulauf (P36)	5	59,0 - 233,0	60,0	59	35.926 - 80.862	100,0	46.696
KA Hillesheim, Ablauf (P23)	26	0,5 - 4,7	54,2	0,5	1,0 - 148,5	100,0	60,9
KA Niederkassel, Ablauf (P24)	12	1,3 - 9,5	58,3	1,35	6,2 - 97,0	100,0	37,6
KA Hilberath, Ablauf (P26)	5	5,8 - 7,4	40,0	0	158,0 - 1.407	100,0	203
KA Flerzheim, Ablauf (P28)	10	2,4 - 2,4	10,0	0	3,3 - 193,0	100,0	34,4
KA Rheinbach, Ablauf (P31)	10	0,0 - 0,0	0,0	0	2,0 - 169,0	90,0	4,2
KA Miel, Ablauf (P33)	5	0,0 - 0,0	0,0	0	10,2 - 132,0	80,0	14,1
KA Loch, Ablauf (P35)	5	5,8 - 5,8	20,0	0	35,3 - 496,0	100,0	211
KA Heimerzheim, Ablauf (P37)	5	7,6 - 7,6	20,0	0	46,3 - 433,0	100,0	226

Beim Vergleich der Eliminationsleistungen der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist (Tab. 16) fällt als erstes der Unterschied zwischen den beiden untersuchten Organismen auf, was allerdings vor Allem darin begründet ist, daß in den Zuläufen nie mehr als 151 *Cryptosporidien* gefunden wurden. Folglich kann die Reinigungsleistung auch nicht über diese Zahl hinaus gehen. Auch in der Literatur sind die Eliminationsraten für *Cryptosporidium* selten höher: [95] erwähnt 79% Elimination, [96] 2 log-Stufen, [132] 92%. Als höchste Eliminationsleistung fand [123] 3 log-Stufen in einer Kläranlage mit abschließender Filterung des gereinigten Abwassers.

Die für *Giardia* gefundenen Reduktionswerte von median bis zu 3,6 Logarithmenstufen liegen im Bereich der in der Literatur genannten Eliminationsraten (1,8 log-Stufen bei [64], > 95% bei [15], 99% bei [56], 3 log-Stufen bei [96] und [123] und bis zu 6,0 log-Stufen bei [134]). Bei weiterer Betrachtung fällt auf, daß die kleineren Anlagen (Loch und Hilberath) nicht in der Lage waren, eine gleichmäßige Reduktion der *Giardia*-Cysten zu leisten. Beide Anlagen vermochten offensichtlich nur Spitzenbelastungen abzufangen; Konzentrationen um 10^3 im Zulauf gehen dagegen nicht selten unabgeschwächt durch die Anlagen hindurch. Hier macht sich offenbar die geringe Anlagengröße in Form einer schlechten Pufferung und einer geringen Verweildauer des Wassers zur Sedimentation bemerkbar. Die schlechteste Reinigung des Wassers von Parasiten im Median wird auf der Kläranlage Loch mit nur etwa 0,9 Logarithmenstufen erreicht. Trotz in etwa gleicher Größe und Bauart erreicht die Kläranlage Hilberath mit zwei Logarithmenstufen Reduktion deutlich bessere Werte. Hier macht sich offensichtlich die längere Verweildauer des Wassers in der Anlage positiv bemerkbar, die ihre Ursache in der weitaus geringeren Auslastung gegenüber der Kläranlage Loch hat: Nach dem Verhältnis angeschlossene Einwohner zu EGW der Bemessungsgrundlage war die Kläranlage in Hilberath im Untersuchungszeitraum nur zu etwa 46 Prozent ausgelastet, wogegen der Auslastungsgrad der Kläranlage Loch bei 93 Prozent liegt (Tab. 1, Seite 50). Die geringe Reinigungsleistung in Loch läßt sich auch nicht wie bei den *Cryptosporidien*, auf die geringen Zulaufkonzentrationen zurückführen, da im Ablauf immer noch Giardien im Bereich von 10^2 nachzuweisen sind.

Andererseits zeigt Tabelle 16, daß die Anlagen mit weitergehender Reinigung durch nachgeschaltete Filtration (Rheinbach und Flerzheim) durchweg bessere Reduktionen der Parasitendauerstadien erbringen. Daß sich gute Reduktionen aber auch ohne Filtrationsstufe erreichen lassen, zeigt der Median der Ergebnisse der Kläranlage Miel: Hier wirkt sich offenbar die Zwischenklärung positiv aus, mit der der Schwachlasttropfkörper vor allzu großen Sedimentfrachten geschützt werden soll. Die Zwischenklärung in Miel ist auf eine längere Verweilzeit (=Sedimentationszeit) eingestellt, als in Heimerzheim, und führt so -bei ansonsten weitgehend gleichem Klärverfahren- dazu, daß Parasitendauerstadien besser eliminiert werden.

Tabelle 16: Parasiten-Reduktionsleistungen der Kläranlagen in log-Stufen

	KA Hilberath		KA Flerzheim		KA Rheinbach		KA Miel		KA Loch		KA Heimerzheim	
	Giardia	Crypto-sporidium	Giardia	Crypto-sporidium	Giardia	Crypto-sporidium	Giardia	Crypto-sporidium	Giardia	Crypto-sporidium	Giardia	Crypto-sporidium
Proben	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5
n*	4	3	10	3	10	2	5	2	5	1	5	3
Max	2,49	1,64	3,84	1,63	4,26	1,72	4,28	2,18	3,49	1,70	2,97	1,84
Min	0,00	0,30	2,07	1,63	1,93	1,07	2,17	1,89	0,00	1,70	2,16	1,49
Median	2,05	0,97	3,05	1,63	3,60	1,39	3,18	2,03	0,88	1,70	2,32	1,77

* Anzahl auswertbarer Vergleiche, d.h. mit Parasiten im Zulauf

6.2.4 Statistische Beziehungen der parasitologischen Ergebnisse zu chemischen oder bakteriologischen Ergebnissen - Konsequenzen für Indikatormodelle

Zur Analyse des Datenmaterials hinsichtlich verwertbarer statistischer Zusammenhänge wurden Korrelationsberechnungen durchgeführt. Dabei ergeben sich einige Probleme: Zum einen ist an einigen Probenahmestellen die Anzahl der Proben für eine belastbare Statistik zu gering, zum anderen ist nichts über die mögliche Art der Zusammenhänge bekannt (linear, logarithmisch, exponentiell, etc.), und es ist nicht bekannt, ob die verglichenen Werte normalverteilt sind. Vor allem letztere Bedingung für viele statistische Tests ist in der Regel bei Umweltdaten nicht gegeben ([124], S. 510). Im Folgenden wird daher der Spearmannsche Rang-Korrelationskoeffizient zur Analyse verwendet. Er betrachtet nicht die zu vergleichenden Werte selbst, sondern ihre Rangplätze bei Sortierung der Meßwerte nach der Größe. Die Vorteile dieses Koeffizienten liegen darin, daß er bei jeder Verteilung einen gültigen Test liefert, die Wirkung von Ausreißerwerten abschwächt, und unabhängig vom Maßsystem ist. Im Gegensatz zu anderen Korrelationskoeffizienten, z.B. nach Pearson, braucht auch auf die Art des Zusammenhangs keine Rücksicht genommen zu werden; Für den Koeffizienten nach Pearson müßten die Daten zunächst so transformiert werden, daß der Zusammenhang linear wird.

Dem Problem der z.T. zu kleinen Stichprobenumfänge wurde dadurch begegnet, daß einige Probenstellen zu Gruppen zusammengefaßt wurden, deren Gesamtheit dann eine genügend große Probenmenge ergab. Da die Parametersätze an verschiedenen Probenahmestellen gewonnen wurden, ist der Effekt der sog. Inhomogenitätskorrelation ([124], S. 509)² nicht auszuschließen, wurde jedoch in Kauf genommen, da die zusammengefaßten Proben aus einem zusammenhängenden Gewässernetz stammten (Swisteinzugsgebiet), oder Wasser sehr ähnlicher Herkunft zusammenführten (Zu- bzw. Abläufe der Kläranlagen). Wenn eine rein formal bedingte Korrelation ausgeschlossen werden kann, verbleibt zur Erklärung gefundener Zusammenhänge neben der Kausalität die sog. Gemeinsamkeitskorrelation, welche auf eine gemeinsame Basis der korrelierten Variablen hinweist. Diesem Aspekt ist bei den vorliegenden Analysen große Bedeutung beizumessen.

² Das Zusammenführen zweier Datengruppen, die beide keine Korrelation aufweisen, kann dazu führen, daß sich für die Gesamtheit auf einmal (hohe) Korrelationen zeigen, die aber in keiner der Teilgruppen zu beobachten sind. Beispielsweise zeigt sich eine positive Korrelation zwischen Schuhgröße und Einkommen, wenn man Männer und Frauen gemeinsam betrachtet. Da Frauen durchschnittlich kleinere Schuhe und niedrige Einkommen haben, kommt bei gemeinsamer Betrachtung aller Daten eine

Nachteil des Rangkorrelationskoeffizienten ist, daß er eine qualitative Aussage zur Korrelation erlaubt, jedoch nicht ob, und wenn ja wie sie sich als mathematischer Zusammenhang darstellen läßt. Für die vorliegenden Analysen ist eine Aussage darüber, ob das Ansteigen eines Parameters mit dem Anstieg eines anderen einhergeht, allerdings völlig ausreichend.

Die Bewertung der Rang-Korrelationskoeffizienten erfolgte anhand der Signifikanzgrenzen in Tabelle 17, die aus [5] entnommen wurden. Entsprechend dem erfüllten Signifikanzniveau (= 1 - Irrtumswahrscheinlichkeit) wird im Folgenden der Einfachheit halber von signifikanter (5%), hoch signifikanter (1%) und sehr hoch signifikanter (0,5% Irrtumswahrscheinlichkeit) Korrelation gesprochen werden. Je mehr Pro-

ben in die Berechnung des Koeffizienten eingehen (n), desto niedriger wird, bei gleicher Irrtumswahrscheinlichkeit, der Wert über dem der Rang-Korrelationskoeffizient liegen muß, um eine Signifikanz-Stufe zu erreichen.

6.2.4.1 Gewässerproben

Da an den Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist jeweils nur maximal vier Proben genommen wurden, sind die Ergebnisse der Stellen am Hauptgewässer für die folgenden Auswertungen zusammengefasst worden als eine Ergebnisgruppe. In Tabelle 18 sind die Rangkorrelationen der *Cryptosporidium*-Ergebnisse aus den Gewässer-Regelproben mit anderen Parametern zusammengestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden Nullwerte nicht dargestellt. Diese beruhen entweder auf fehlenden Meßwerten, oder darauf, daß entweder die Parasitendauerform oder der Vergleichsparameter in den Proben nicht nachgewiesen werden konnte. In der letzten Zeile der Tabelle 18 zeigt sich nochmals deutlich, wie oben bereits besprochen, daß die beiden untersuchten Parasitendauerformen offenbar unabhängig voneinander ins Ge-

Tabelle 17: Signifikanzgrenzwerte des Rang-Korrelationskoeffizienten nach Spearman (aus [5])

n	Irrtumswahrscheinlichkeit		
	5%	1%	0,50%
7	0,6786	0,8571	0,8929
10	0,5515	0,7333	0,7818
11	0,5273	0,7000	0,7545
12	0,4965	0,6713	0,7273
14	0,4593	0,6220	0,6747
16	0,4265	0,5824	0,6324
24	0,3435	0,4748	0,5200
25	0,3362	0,4654	0,5100
26	0,3299	0,4564	0,5002
27	0,3236	0,4481	0,4915
30 +	0,3059	0,4251	0,4665

Tabelle 18: Rangkorrelationen *Cryptosporidium* mit anderen Parametern in Regelproben am Gewässer

	Nauholz- bach Pegel n = 16	Swist gesamt n = 24	Wahnbach Pegel n = 25	Kall Pegel n = 27
Wasser °C	0,498	0,220	-0,309	0,163
pH	0,089	0,298	-0,432	0,076
Trübung	0,075	-0,275	0,052	0,616
El. Lf.	0,314	0,331		-0,372
Färbung m/1	0,035		0,075	0,306
Nitrat	-0,258		0,459	-0,361
Nitrit	0,028		0,219	0,206
Ammonium			0,396	0,500
Phosphat	0,537		-0,436	0,079
P ges.	-0,054		0,094	0,055
Borat	-0,247		-0,312	0,363
abf. Stoffe		0,035		
CSB		-0,039		
Kjeldahl-N		-0,019		
Abfluß		-0,431		
Pegelstand	-0,073		0,394	0,337
Sauerstoff		-0,187		
KBE 20°	0,417	0,180	0,391	0,405
KBE 36°	0,448	0,097	0,119	0,399
E coli MPN		0,052		
E coli CC	-0,111	-0,211	-0,005	0,466
Coliforme MPN		0,102		
Coliforme ENDO	0,431		-0,146	0,439
Fäkalstreptokokken	0,592	0,149	-0,057	0,476
Clostridien	-0,321	0,291	-0,090	0,112
Yersinien	-0,165	-0,009	-0,093	0,033
Giardien	-0,026	0,072	0,158	0,313

signifikant, **hoch signifikant**, **sehr hoch signifikant**
Nullwerte der Übersichtlichkeit halber weggelassen

deutliche Korrelation zustande, die aber weder bei Frauen noch bei Männern auftritt.

wässer gelangen, da sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen ihnen an keinem der untersuchten Gewässer nachweisen läßt.

Augenfällig an der Tabelle ist auch, daß es offenbar keinen Parameter gibt, der in allen vier Einzugsgebieten einen signifikanten Zusammenhang mit *Cryptosporidium sp.* hat. Dies bedeutet aber, daß Indikatoren für eine parasitäre Belastung der Gewässer für jedes Einzugsgebiet separat herausgefunden werden müssen. Am Wahnbach und an der Kall sind die Cryptosporidien positiv mit Ammonium korreliert, am Wahnbach auch mit Nitrat. Dies mag als Indiz dafür gelten, daß die Cryptosporidien in diesen Gebieten hauptsächlich aus Exkrementen von Weidevieh stammen, welche gleichzeitig die genannten Nährstoffe abgeben. Daß die Beziehung zu den Stickstoff-Parametern an Swist und Nauholzbach nicht zu finden ist, stärkt diese Erklärung, da in diesen beiden Gebieten Weidevieh in Gewässernähe und Gülleaufbringung kaum eine Rolle spielen. Der signifikante negative Zusammenhang zwischen Abflußmenge und Cryptosporidien-Konzentration an der Swist belegt darüber hinaus, daß es an diesem Gewässer abflußbestimmende Einleitungen geben muß, die keine oder kaum Cryptosporidien enthalten. Als solche fungieren offenbar die Kläranlagen und bei Regen die Entlastungen des Kanalnetzes ins Gewässer: Die Analysenergebnisse zeigten dort allenfalls niedrige Cryptosporidien-Konzentrationen. Umgekehrt zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Pegelstand (~Abflußmenge) und Cryptosporidien-Konzentration am Wahnbach und an der Kall. Die gewässernahen, geneigten Weideflächen und die Ausbringung von Wirtschaftsdünger (Gülle) führen hier offenbar dazu, daß Parasiten-dauerformen mit dem oberflächlich abfließenden Regenwasser in die Gewässer gelangen. Eine weitere Erklärung für die positive Korrelation ist das Aufwirbeln von Oocysten, die am Gewässergrund sedimentiert waren, bei höheren Abflüssen.

Interessant ist, daß an der Kall Cryptosporidien bis auf Clostridien und Yersinien mit allen untersuchten Bakterien hoch bis sehr hoch signifikant korrelieren. Bei Zunahme der Fäkalindikatoren *E. coli* und Coliforme kann daher für diese Probenahmestelle mit ziemlicher Sicherheit auch mit einem Ansteigen der Cryptosporidien-Konzentration gerechnet werden.

Die in der EU-Richtlinie ([113]) und der neuen deutschen Trinkwasserverordnung beschriebene Indikatorfunktion von Clostridien für die Dauerstadien von *Cryptosporidium*-Oocysten konnte an keinem der Gewässer bestätigt werden. Dieser Befund deckt sich mit Aussagen in der Literatur (s.u.), wo dieser Zusammenhang ebenfalls kontrovers diskutiert wird.

Tabelle 19: Rangkorrelationen *Giardia lamblia* mit anderen Parametern in Regelproben am Gewässer

	Nauholz- bach Pegel n = 16	Swist gesamt n = 24	Wahnbach Pegel n = 25	Kall Pegel n = 27
Wasser °C	0,005	-0,106	-0,352	0,114
pH	-0,135	-0,053	-0,322	-0,151
Trübung	-0,184	0,303	-0,365	0,538
El. Lf.	0,845	-0,178		-0,276
Färbung m/1	-0,072		-0,230	0,281
Nitrat	0,228		0,283	0,200
Nitrit	-0,097		0,427	0,659
Ammonium			0,526	0,203
Phosphat	-0,142		-0,299	0,375
P ges.	-0,180		-0,183	0,121
Borat	-0,142		-0,390	0,040
abf. Stoffe		-0,049		
CSB		-0,406		
Kjeldahl-N		-0,084		
Abfluß		0,505		
Pegelstand	0,309		0,750	0,333
Sauerstoff		-0,063		
KBE 20°	-0,192	0,067	-0,039	0,442
KBE 30°	-0,307	0,139	0,039	0,298
E coli MPN		0,399		
E coli CC	-0,352	0,386	0,249	0,344
Coliforme MPN		0,286		
Coliforme ENDO	-0,263		-0,153	0,343
Fäkalstreptokokken	-0,003	0,162	-0,226	0,569
Clostridien	-0,186	0,558	0,045	0,327
Yersinien	0,043	-0,285	-0,027	-0,375
Cryptosporidien	-0,026	0,072	0,158	0,313

signifikant, hoch signifikant, sehr hoch signifikant

Nullwerte der Übersichtlichkeit halber weggelassen

In Tabelle 19 sind die Rang-Korrelationskoeffizienten der Ergebnisse für *Giardia lamblia* mit anderen Untersuchungsparametern wiedergegeben. Es zeigt sich hier ein noch uneinheitlicheres Muster, als bei *Cryptosporidium sp.* Die sehr hoch signifikante Korrelation mit der elektrischen Leitfähigkeit im Nauholzbach als einzige signifikante Korrelation überhaupt dort, hängt sicherlich mit der geringen Nachweisfrequenz an dieser Stelle zusammen. Am Pegel des Wahnbaches fällt die signifikant negative Korrelation mit der Trübung auf, im Gegensatz zur signifikant positiven Korrelation von Trübung und *Giardia lamblia* an der Kall. Am Wahnbach läßt sich dies zusammen mit der positiven, z.T. hoch signifikanten Korrelation mit Ammonium und Nitrit als Auswirkung von Regenentlastungen der Kanalisation und erhöhter Kläranlageneinleitungen deuten, die bei hohen Giardien-Konzentrationen nicht unbedingt so hohe Trübungssteigerungen ergeben, wie Abschwemmungen von den Lößhängen, die zwar hohe Trübungen, aber nur wenig Giardien-Konzentrationen erbringen. Die signifikante Korrelation mit *E.coli* an der Swist paßt in dieses Bild. Für Regenentlastungen der Kanalisation und Kläranlageneinleitungen als eine Hauptquelle für Giardien in Wahnbach und Swist spricht auch die hoch bzw. sehr hoch signifikante Korrelation zum Abfluß bzw. Pegelstand in diesen beiden Gewässern. Auch eine Resuspension von sedimentierten Giardien bei höheren Abflußraten kommt als Erklärung hierfür in Frage. Dies macht aber nur Sinn, wenn die Organismen vorher kontinuierlich durch Einleitungen im Gewässersediment akkumuliert wurden. Auch an der Kall kommt dieser Effekt offenbar zum Tragen, wie die signifikante Korrelation zeigt. An der Kall fällt darüber hinaus noch auf, daß ähnlich wie die Cryptosporidien auch die Giardien mit einigen bakteriologischen Parametern mindestens signifikant korrelieren. Dies legt den Schluß nahe, daß es trotz des Herausleitens von Abwasser aus dem Einzugsgebiet Einleitungen geben muß, die mikrobiologisch und parasitologisch kontaminiertes Wasser zumindest periodisch in das Gewässer einleiten.

Nach [122] wurde zwischen den beiden Parasiten, der Wassertrübung und Indikatorbakterien kein Zusammenhang beobachtet. Die Befunde der vorliegenden Arbeit widerlegen diese Aussage insofern nicht, da die diesbezüglichen Ergebnisse kein einheitliches Muster erkennen lassen. Eine sehr hoch signifikante Korrelation zur Trübung, die vor allem zur Beurteilung der Rohwasserqualität für die Trinkwasseraufbereitung herangezogen wird, konnte nur an der Kall für Cryptosporidien festgestellt werden. Clostridien wiesen mit Cryptosporidien an keiner der Probestellen eine signifikante Korrelation auf, mit Giardien an der Swist eine sehr hoch signifikante und an der Kall eine signifikante Korrelation, was allerdings, insbesondere aufgrund der Inkonsistenz der Ergebnisse an den untersuchten Gewässern, keinesfalls als Beleg für eine grundsätzliche Eignung dieses Parameters Clostridien als Indikator für parasitäre Belastungen geeignet erscheint. Nach den vorliegenden Resultaten ist vielmehr davon auszugehen, daß die Parameter, die möglicherweise eine Indikatorfunktion für die parasitäre Belastung eines Gewässers haben, für jede Fließgewässersituation individuell identifiziert werden müssen.

6.2.4.2 Starkregenereignisse an Gewässern

Tabelle 20: Rangkorrelationen der Parasitendauerstadien mit anderen untersuchten Parametern in Regenereignis-Proben

	Rangkorrelationen mit <i>Cryptosporidium</i> sp.				Rangkorrelationen mit <i>Giardia</i>		
	Nauholz- bach Pegel	Wahnbach Pegel	Kall Pegel		Nauholz- bach Pegel	Wahnbach Pegel	Kall Pegel
pH	0,027	-0,334	-0,617			0,058	-0,569
Trübung	0,482	-0,071	0,786			-0,704	-0,307
El. Lf.	0,428	-0,105					-0,383
Färbung m/1	-0,193	-0,145	-0,036			-0,434	0,403
Nitrat	0,273	0,054	0,677			-0,293	-0,748
Nitrit	0,648		-0,667			0,561	-0,501
Ammonium	0,315		-0,144			-0,449	-0,712
Phosphat			0,296			-0,123	
P ges.	-0,103	-0,062	0,430			-0,447	-0,190
Borat	0,267	-0,741	0,630			-0,500	-0,441
Abfluß			-0,429			0,439	
Pegelstand	0,590	-0,306	-0,429			0,439	-0,506
KBE 20°	-0,445	-0,286	-0,179			-0,408	-0,124
KBE 36°	0,218	0,214	-0,821			-0,148	0,481
E coli CC	0,355	-0,108	-0,786			-0,222	0,441
Coliforme ENDO	0,205	-0,107	-0,536			0,111	0,756
Fäkalstreptokokken	0,436	0,071	-0,286			0,074	0,382
Clostridien	0,105	-0,074	0,214			0,704	-0,313
Yersinien		0,204	0,408			0,212	-0,728
Giardien	-0,169		-0,338	Cryptosporidien		-0,338	-0,169

signifikant, hoch signifikant, sehr hoch signifikant

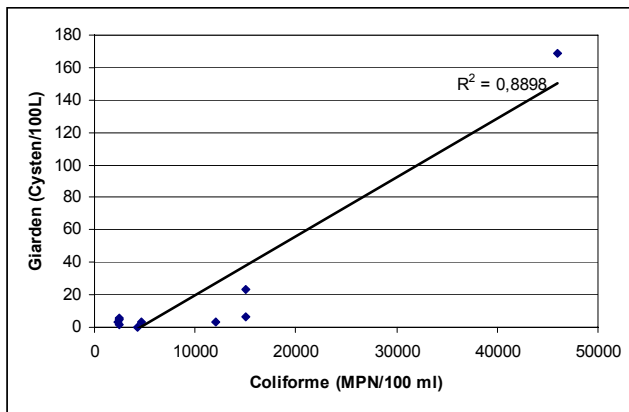
Nullwerte der Übersichtlichkeit halber weggelassen

Faßt man die einzelnen Proben aller Ereignisse einer Probenahmestelle zu einer Gruppe zusammen, und berechnet dann die Rangkorrelationen der Parasitendauerstadien zu anderen Parametern, so ergibt sich ein anderes Bild, als in der Regelproben: Für *Cryptosporidium* findet sich am Wahnbach außer einer negativen signifikanten Rangkorrelation mit Borat keine weitere mehr. Anders verhält es sich am Nauholzbach, wo im Gegensatz zu den Regelproben bei Regenereignissen signifikante Rangkorrelationen zwischen Nitrit bzw. dem Pegelstand (= der Abflußmenge) und *Cryptosporidium* auftraten. An der Kall finden sich etwa genauso viele Korrelationen mit *Cryptosporidium*, wie bei Trockenwetter; Im Gegensatz zu den Regelproben sind sie aber nicht nur signifikant, sondern hoch oder sehr signifikant. Die sehr signifikante negative Korrelation vor allem einiger fäkalinduzierter Parameter ist aber bei näherer Betrachtung ein Fall der oben beschriebenen Inhomogenitäts-Korrelation: Betrachtet man nämlich die Punktwolken der einzelnen Ereignisse getrennt und nicht gepoolt, so erkennt man, daß zumindest jeweils für die Ereignisse vom 12.2. und 19.3.1997 an der Kall, die Beziehungen der fäkal beeinflussten Parameter zu *Cryptosporidien* positiv erscheint. Erst durch das Zusammenwerfen aller Datenpaare entsteht das vermeintlich negativ korrelierte Bild. Wegen der zu geringen Probenzahl lassen sich Korrelationskoeffizienten aber nicht für jedes Ereignis einzeln statistisch absichern. Gleiches gilt bei den Korrelationsergebnissen für *Giardia*: Die in Tabelle 20 gezeigten hohen Korrelationen beruhen bei Analyse der Punktwolken offenbar auf Inhomogenitäten des Datenmaterials, was durchaus vorstellbar ist: Die Verhältnisse während eines Hochwassers nach Starkregen sind so dynamisch, und so vielen Einflüssen unter-

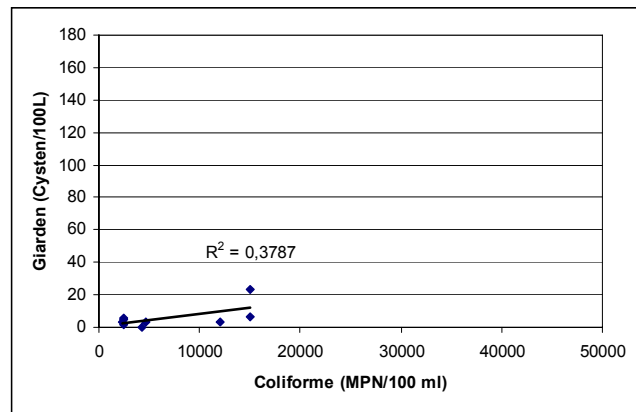
worfen, daß es sehr unwahrscheinlich erscheint, während solcher Ereignisse Proben zu gewinnen, die sich mit ausreichend niedriger Irrtumswahrscheinlichkeit eine gemeinsame mathematische Beziehung haben.

6.2.4.3 Kläranlagenproben

Bei der Berechnung von (Rang-) Korrelationen für die Kläranlagenzu- und Abläufe der vorliegenden Untersuchung stößt man auf folgende Probleme: Zum Einen wurde *Cryptosporidium* überhaupt häufig nicht in den Abwasserproben nachgewiesen (40 bis 80 % der Zulaufproben negativ, 42 bis 100 % der Ablaufproben), was eine Korrelationsberechnung erschwert, zum Zweiten unterliegt die Qualität sowohl des Rohabwassers, wie auch des geklärten Abwassers starken Schwankungen im Verlaufe des Tages und über die Woche: Zu bestimmten Tageszeiten ist die Wassermenge im Zulauf deutlich höher (morgendliche "Aufstehphase"), an bestimmten Tagen werden Fäkalien im Abwasser deutlich durch andere Einflüsse verdünnt ("Waschtag", "Samstag ist Badetag"). Darüber hinaus ergeben sich starke Veränderungen mit dem Wetter: Kurzfristige Verdünnung durch Regenfälle, langanhaltende Verdünnung bei Schneeschmelze, plötzliche Erwärmung nach "Sommergewittern". Dazu können außerdem drastische Änderungen durch sporadische Einleitungen aus Gewerbebetrieben kommen (z.B. "Schlachttag" in der kleinen Metzgerei im Ort) oder Kanalreinigungsarbeiten (Erhöhte Partikelfracht, Ablösen von (Biofilm-) Belägen von den Rohrwänden, etc). Auf die Verhältnisse im Ablauf der Kläranlagen wirkt zusätzlich die Umgebungstemperatur ein, von der die Geschwindigkeit vor allem chemischer Prozesse im Klärverfahren abhängt, aber auch die Überlebensfähigkeit der Bakterien und Parasitendauerstadien. Diese Aufzählung zeigt, daß es stabile Verhältnisse, wie sie für eine plausible Korrelationsrechnung nötig wären, im Abwasser nicht gibt. Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, daß die Berechnung von Korrelationskoeffizienten für die untersuchten Abwässer in der Regel schlechte oder wenig plausible negative Werte ergibt. Eine Ausnahme ist hier die Kläranlage Rheinbach, in deren Proben sich sowohl für den Zu- wie für den Ablauf signifikante Rang-Korrelationen zwischen *Giardia*-Konzentrationen und den Fäkal-Indikatorbakterien ergeben, im Zulauf zusätzlich auch mit Clostridien. Ein Blick auf die Punktwolken entlarvt die guten Korrelationskoeffizienten jedoch als Scheinkorrelationen, die durch einen gemeinsamen Extremwert in den Wertepaaren entstehen, wie in Abb. 60 beispielhaft für Coliforme dargestellt:



Punktwolke mit Extremwert:
guter Korrelationskoeffizient



Punktwolke ohne Extremwert:
schlechter Korrelationskoeffizient

Abb. 60 : Scheinkorrelation zwischen Giarden und Coliformen, hervorgerufen durch einen gemeinsamen Extremwert

6.3 Vergleich mit Werten aus der Literatur

Der besseren Übersichtlichkeit halber wurden bei allen folgenden Zitaten die Einheiten der gefundenen Konzentrationen auf (Oo-) Cysten / 100 L. umgerechnet. Die Angaben in den Originalarbeiten beziehen sich ausser der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Einheit 100 Liter oft auf einen oder zehn Liter, gelegentlich aber auch auf 1.000 Liter.

6.3.1 Parasitenkonzentrationen im Gewässer

In den von [90] untersuchten Rohwässern wurden *Giardia*-Cysten in 69 von 85 (81,2%) Proben nachgewiesen, bei einem Median von 277 Cysten / 100 L und einem Wertebereich zwischen 4 und 6.600 Cysten / 100 L; 74 von 85 Rohwasser-Proben (87%) enthielten *Cryptosporidium*-Oocysten bei einem Median von 270 Oocysten/100 L und einem Wertebereich zwischen 7 bis 48.400 Oocysten/100 L; Insgesamt wurden *Giardia* oder *Cryptosporidium spp.* oder beide in 97% der Oberflächenwasseraufbereitungen gefunden.

In allen von [106] durchgeführten Flusswasser-Untersuchungen wurde *Cryptosporidium* nachgewiesen mit einem Wertebereich von 200-11.200 Oocysten/100 L.

[1] wies *Giardia*-Cysten in 90% von Rohwasserproben nach, mit einem Wertebereich von 0 bis 6.000 Cysten / 100L.

In der Untersuchung von [59] waren 34 von 35 Proben (97%) positiv für *Cryptosporidium* mit Werten zwischen 20 und 6.500 Oocysten/100 L.

[47] fand in Oberflächenwasser 2-4.380 Oocysten/ 100 L , und 6,5-6.510 Cysten / 100 L.

[76] gibt für Oberflächenwasser als Maximum 2.500 Oocysten/100 L an.

[49] fand im Rohwasser für die Aufbereitung maximal 10,5 Oocysten /100L; Das fertig aufbereitete Wasser hatte maximal 16,7 / 100L; In Wasser für Freizeitnutzungen fand er bis zu 1.410 / 100 L;

Die von [108] untersuchten Rohwasserproben enthielten 600 bis 1.200 Oocysten / 100L und 400 bis 2.800 Cysten / 100 L. Die Eliminationsleistung einer Trinkwasseraufbereitung wird für *Giardia*-Cysten mit über vier log-Stufen angegeben.

In einer Studie in Taiwan waren insgesamt 77,8% positiv für *Giardia* [69]. In Nord-Taiwan enthielten alle sechs Proben 1,6 bis 40 Cysten / 100 L; In Zentral Taiwan ergaben 3 von 6 Wasserproben *Giardia*-Gehalte von 4 bis 26 Cysten / 100 L. Im südlichen Gebiet enthielten 5 von 6 Wasserproben 21,2 bis 311,6 Cysten / 100 L. Insgesamt enthielten 72,2% *Cryptosporidium*-Oocysten. Im Norden fanden sich in 4 von 6 Proben 2,3 bis 40 Oocysten / 100 L; In Zentral Taiwan enthielten alle sechs Proben zwischen 4 und 48,9 Oocysten / 100 L; Im Süden ergaben die Untersuchungen in 4 von 6 Proben 21,2 bis 801,4 Oocysten / 100 L.

[53] wies in sieben von neun Oberflächenwasserproben (78%) *Cryptosporidien* in Konzentrationen zwischen 7 und 410 Oocysten/100 L nach

In Flüssen fand [146] in 8 von 15 Proben (53,3%) *Giardia* (5-78 Cysten / 100 L), in Quellen nie, in einer Talsperre in 5 von 6 Proben (83,3%) 13,5-1.620 Cysten / 100 L. *Cryptosporidium spp.* konnte in Flüssen in 12 von 15 Proben (80%) mit 4-190 Oocysten / 100 L nachgewiesen werden, in Quellen mit 54 Oocysten / 100 L. Talsperrenwasser ergab in 4 von 6 Proben (66,6%) Befunde zwischen 30 und 109 Oocysten / 100 L.

Mediane Konzentrationen von 79,5 Cysten bzw. 22,1 Oocysten / 100 L fand [68] in Oberflächenwasser. Die Wertebereiche betragen <2,9 bis 1.025,6 Cysten / 100 L bzw. <4,4 bis 163,9 Oocysten / 100 L.

Als höchste Konzentration in natürlichen Gewässern Neuseelands gibt [71] 100 Oocysten / 100 L an.

In der Untersuchung von [117] konnten in 103 von 408 Proben (25%) Parasiten nachgewiesen werden. *Cryptosporidium*-Oocysten waren an mehr Stellen nachzuweisen, als *Giardia*-Cysten. 55 der 408 Proben (13,5%) enthielten nur *Cryptosporidium*-Oocysten, 38 Proben nur *Giardia*-Cysten. Die Konzentrationen beider Parasiten betragen 10 bis 40 (Oo-)Cysten / 100 L. Zehn der Proben (2,5%) enthielten beide Parasiten.

Am Zulauf einer Talsperre fand [88] 0,71 bis 2,24 Cysten / 100 L und 0,71 bis 2,24 Oocysten / 100 L. Im Ablauf waren 1,2 bis 107 Cysten und 1,7 bis 31 Oocysten / 100L vorhanden.

13 der 69 von [51] untersuchten Flusswasserproben enthielten *Giardia*-Cysten in Konzentrationen zwischen 0,34 und 2,77 Cysten / 100L

6.3.2 Abhängigkeiten vom Nutzungsgrad

In den Untersuchungen von [3] waren bei Trockenwetter in geschützten und nur wenig genutzten Einzugsgebieten sowohl *Cryptosporidium spp.* als auch *Giardia* nicht oder nur in sehr niedrigen Konzentrationen nachweisbar. In urbanisierten Einzugsgebieten waren median 260 *Cryptosporidium*-Oocysten / 100 L in den Gewässern nachweisbar. *Giardia* war in für Nutzung erschlossenen Gebieten in der Mehrzahl der Proben nachweisbar, auch wenn nur niedrige Trübungen vorlagen.

6.3.3 Abwasser (-einfluß)

[47] fand in Rohabwasser 100 bis 12.000 *Cryptosporidium*-Oocysten / 100 L und 64.200 bis 337.500 *Giardia*-Cysten / 100 L.

In Abwasser-beeinflußtem Oberflächenwasser wies [87] bis zu 6.600 *Giardia*-Cysten / 100 Liter nach und bis zu 48.400 *Cryptosporidium*-Oocysten / 100 L.

Oberhalb einer Abwasser-Einleitung wies [125] 37 bis 82 Oocysten / 100 L nach, direkt unterhalb 58 bis 276 Oocysten/100L.

In Abwasser wurden von [49] 120.000 Oocysten / 100 L nachgewiesen und bis zu 120.000 *Giardia*-Cysten / 100 L.

In Oberflächenwasser fand [76] maximal 2.500 Oocysten / 100 L, in Rohabwasser bis zu 5.000 Oocysten / 100 L und in gereinigtem Abwasser bis zu 4.500 Oocysten / 100 L.

Rohabwasser in den Untersuchungen von [117] enthielt 0 bis 7.400 Oocysten / 100L und 2.600 bis 302.200 Cysten / 100 L. Tägliches Monitoring des Rohabwassers zeigte einen Giardien-Peak im Sommer und nach einer Kontamination des Trinkwassers gelegentlich *Cryptosporidium*-Oocysten.

[90] konnte zeigen, daß höhere Cysten- oder Oocysten-Konzentrationen in Oberflächengewässern immer mit Einleitungen von industriellem oder kommunalem Abwasser verbunden waren.

Giardia konnte bei [139] in 73% der Rohabwasser-Proben nachgewiesen werden, *Cryptosporidium* nur in 6,3%. Höhere und häufigere *Giardia*-Nachweise fanden sich im Frühjahr und Herbst, positive Nachweise im ganzen Jahr.

[48] gibt für Mischwasserentlastungen an, daß dort immer Cryptosporidien und Giardien gefunden wurden. Die Konzentrationen lagen zwischen 2.500 und 40.000 Oocysten / 100 L bzw. 9.000 bis 283.000 Cysten / 100 L.

6.3.4 Landwirtschaftliche Einflüsse

In durch landwirtschaftlichen Mist beeinflussten Wasserläufen wies [130] 37.000 Oocyten/ 100 L. nach. Bei der Untersuchung mehrerer Wasserläufe konnte [105] zeigen, daß die Werte sowohl für *Giardia*, wie auch für *Cryptosporidium spp.* unterhalb einer Viehhaltung signifikant ($P < 0.05$) höher waren, als oberhalb. Unterhalb betragen die Werte 0,6 bis 42,9 Cysten / 100 L und 1,4 bis 300 Oocysten / 100 L, oberhalb 0,5-34,4 Cysten / 100 L und 0,5-34,4 Oocysten / 100 L. Vor allem die Cryptosporidien erfahren durch den Vorbeifluß an Weiden eine deutliche Erhöhung.

An den Untersuchungsstationen von [59] unterhalb von Landwirtschaft und Wildzutritt zum Gewässer waren die Konzentrationen mit durchschnittlich 1.820 Oocysten /100 L fast zehnmal so hoch, wie oberhalb.

6.3.5 Einflüsse von Regenereignissen

In den Untersuchungen von [59] waren die Oocysten-Konzentrationen am höchsten zu Probenahmezeiten, zu denen der Abfluß durch Starkregeneinflüsse erhöht war. Deutliche kurzfristige Schwankungen der Konzentrationen konnten bei mehrfacher Probenahme am gleichen Tag aber nicht festgestellt werden.

Niederschläge schienen in der Untersuchung von [4] die Konzentrationen beider Parasitendauerformen zu erhöhen. Das Gesundheitsrisiko für den Menschen aufgrund der gemessenen Parasitenkonzentrationen ist zwar nicht genau bekannt; Die nötigen Dosen, um eine Infektion mit einem der Parasiten auszulösen, betragen allerdings nur einen Bruchteil der in der Studie gemessenen Konzentrationen. Der Autor weist ausserdem ausdrücklich darauf hin, daß die meisten wasserbedingten *Cryptosporidium*-Ausbrüche im Zusammenhang mit Regenereignissen stattfinden.

6.3.6 Korrelationen

Konzentrationen von Coliformen oder *E.coli* standen bei Untersuchungen an Talsperrenzu- und Abläufen von [88] in keinerlei Zusammenhang mit Parasitennachweisen oder physikochemischen Parametern. Für die meisten Test-Kombinationen und an den meisten Untersuchungsstellen fand auch [125] nur schlechte oder negative Korrelationen.

In den Untersuchungen von [135] waren Coliforme, Gesamtzellzahl als Heterotrophic Plate Count und *E.Coli*-Konzentrationen keine geeigneten Indikatoren für die Anwesenheit von Parasiten in Wasserproben. Auch Trübung erwies sich normalerweise als unzuverlässiger Anzeiger; Allerdings ergab sich eine signifikante Korrelation zwischen Trübung und *Cryptosporidium*, wenn die Niederschläge innerhalb von 48 Stunden neun Millimeter überstiegen. Auch Leitfähigkeit, pH-Wert und Niederschlagshöhe wiesen keine signifikanten Korrelationen auf, ebensowenig, wie die Parasiten untereinander.

Eine lineare Regression zeigte bei [1] keinerlei Zusammenhang zwischen der Anzahl *Giardia-Cysten* und den Konzentrationen von *E.coli* oder physikochemischen Parametern.

Eine logistische Regression, durchgeführt von [107] mit Ergebnissen aus Flußwasser, zeigte keine Korrelation zwischen bakteriellen Indikatoren und den Parasiten. Allerdings legen die Daten aus der Regressionsanalyse den Schluß nahe, daß es bei hohen Konzentrationen von Indikatorbakterien immer wahrscheinlicher wird, auch Parasiten nachzuweisen. Dieser Zusammenhang deutet auf Rangkorrelationen hin, wie sie auch in der vorliegenden Arbeit beschrieben werden.

In einer Untersuchung über Einflüsse von Niederschlag und Mischwasserentlastungen fand [38] eine signifikante ($p < 0,05$) Korrelation zwischen *Giardia spp.* und *Clostridium perfringens* und Trübung.

Auch [4] konnte einen signifikanten Zusammenhang ($p < 0,05$) zwischen *Giardia*-Konzentrationen und 14 anderen mikrobiologischen, meteorologischen und Wasserqualitäts-Parametern zeigen. Die höchsten Korrelationen ergaben sich dabei zwischen *Giardia* und Coliphagen, *Clostridium perfringens*, Trübung und der Temperatur. *Cryptosporidium*-Konzentrationen waren signifikant ($p < 0,05$) mit 12 anderen Parametern assoziiert, von denen neun ebenfalls mit *Giardia* assoziiert waren. Die höchsten Korrelationen mit *Cryptosporidium* ergaben sich für Coliforme und *E.coli*, *Clostridium perfringens*, Trübung, Alkalinität, Härte, pH und Abflußmenge.

Bei Rohwasseruntersuchungen von Trinkwasseraufbereitungen konnten [16] zeigen, daß die Anwesenheit von *Giardia-Cysten* signifikant mit der von *Cryptosporidium*-Oocysten korreliert war. Außerdem fanden sie eine signifikante Korrelation zwischen Fäkalstreptokokken und *Cryptosporidium* und zwischen Algen oder somatischen Coliphagen und *Giardia*. Andererseits konnte in den Oberflächenwasserproben keinerlei Korrelation zwischen einem der Parasiten und *Clostridium perfringens* festgestellt werden.

Ein Chi-Quadrat-Test über alle 408 Proben in der Untersuchung von [117] konnte zeigen, daß für alle Proben mit einer Trübung über 2 NTU und für Proben aus Einzugsgebieten mit hoher Viehdichte eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit bestand, Parasiten zu enthalten. Ein statistischer Zusammenhang zwischen Jahreszeit und Vorkommen von Parasiten konnte nicht festgestellt werden.

[69] konnte für den Teil seiner Proben aus Nord-Taiwan signifikante Korrelationen sowohl zwischen den Parasiten untereinander als auch zwischen *Giardia*-Konzentrationen und Trübung im Rohwasser feststellen. In

den Proben aus Zentral- und Süd-Taiwan war keine dieser Korrelationen feststellbar, was aber auch an der geringen Anzahl Proben gelegen haben kann.

Signifikante Korrelationen zwischen den Parasitenkonzentrationen und Rohwasserqualitätsparametern wie Trübung, Coliforme oder *E. coli* konnte [90] zeigen. Ein statistisches Modell legt in dieser Untersuchung den Schluß nahe, daß die Parasitenkonzentration anhand des Einzugsgebietes und anhand der Qualitätscharakteristika vorhergesagt werden kann.

6.4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Im Gegensatz zu anderen mikrobiologischen Parametern existieren für die hier untersuchten Dauerformen von *Cryptosporidium sp.* und *Giardia lamblia* keine in Vorschriften oder Verordnungen festgeschriebenen Grenzwerte, was ihre Konzentration in Oberflächengewässern angeht. Für die Bewertung von Kläranlagenabläufen existieren überhaupt keine mikrobiologischen oder hygienischen Grenzwerte [54]. Obwohl das Wasserhaushaltsgesetz [45] in §7a die Entfernung gefährlicher Stoffe aus dem Abwasser mit Verfahren nach dem Stand der Technik fordert, und pathogene Parasiten und Bakterien höchst gefährliche Stoffe darstellen, finden sich auch dort keine hygienischen Anforderungen an Abwasser. Im Infektionsschutzgesetz ("Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen", 1992) heißt es allerdings in §12 Abs. 1 Satz 1: "Die Gemeinden oder Gemeindeverbände haben darauf hinzuwirken, daß Abwasser (...) so beseitigt wird, daß Gefahren für die menschliche Gesundheit durch Krankheitserreger nicht entstehen". In der Praxis spielt diese Anforderung aber bislang keine Rolle, sodaß bezüglich des §12 des Bundesseuchengesetzes ein Handlungsdefizit besteht.

Für die Bewertung der in Oberflächengewässern und Abwässern gefundenen Konzentrationen kann man also nur auf Vorschläge aus der Literatur zurückgreifen, denen eine Risikoabschätzung zugrunde liegt, ab welchen Konzentrationen in Trink-, Bade- oder Oberflächenwasser mit Krankheitsausbrüchen in der Bevölkerung zu rechnen ist. Wie oben gezeigt wurde, unterscheiden sich die Verhältnisse im Gewässer je nach Wettersituation deutlich voneinander. Diesem Umstand trägt wiederum nur ein Teil der Vorschläge Rechnung.

6.4.1 Gewässer Regelproben

Die Nachweisfrequenz der Cryptosporidien liegt in der Größenordnung vergleichbarer Untersuchungen (s.o.). Hinsichtlich der Häufigkeit des Giardien-Nachweises liegt der Wahnbach ebenfalls in diesem Bereich, während Kall und insbesondere Nauholzbach deutlich darunter liegen. Die Nachweishäufigkeit der Parasiten in der Swist übersteigt viele der in der Literatur zu findenden Nachweisfrequenzen; Die Konzentrationen liegen aber eher im unteren Bereich dessen, was in Abwasser-beeinflußten Gewässersystemen beschrieben wird. Dies liegt mit Sicherheit nicht zuletzt daran, daß die Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist aufgrund des Bewirtschaftungsplans Swist erweiterte Anforderungen an die Reinigungsleistung vor allem im Bereich der Nährstoffe zu erfüllen haben. Diese beziehen sich zwar nur auf chemische Parameter; Wie oben bereits erwähnt, wirken sich verlängerte Sedimentationszeiten oder Filtrationsvorgänge aber naturgemäß auch auf die Organismenkonzentrationen aus.

Vor allem das Fehlen von Kläranlageneinleitungen und menschlicher Siedlungstätigkeit erklärt die geringe Giardienbelastung des Nauholzbaches bei Trockenwetter. Die Belastung mit Cryptosporidien ist zwar häufiger und auch höher, 87,5% der Ergebnisse bleiben aber unter 10 Oocysten / 100 L. Die Zahlen zeigen einerseits, daß die Erwartung, hier ein parasitologisch "jungfräuliches" Gewässer vorzufinden, nicht bestätigt wurde, und offenbar schon der Eintrag aus natürlich im Umfeld des Gewässernetzes vorkommenden Tieren ausreicht, um nachweisbare Parasitenkonzentrationen zu erreichen. Andererseits stellt sich der Nauholzbach trotzdem insofern als wenig menschlich beeinflusst dar, als hier mit 12,5 % der Proben die mit Abstand niedrigste Nachweisrate von *Giardia lamblia* an allen Gewässer-Meßstellen erzielt wurde: Der Mensch als Hauptausscheider der *Giardia*-Cysten spielt in diesem Einzugsgebiet als Einträger von Parasitendauerformen also allenfalls eine untergeordnete Rolle.

In den Einzugsgebieten von Kall und Wahnbach wird dieser Einfluss offenbar schon bedeutender: In 55,6% der Proben am Pegel Kall und in 68 % der Proben am Wahnbach konnte *Giardia lamblia* nachgewiesen werden. In beiden Einzugsgebieten werden also unverkennbar häufig Fäkalien in das Gewässersystem eingetragen. Der Unterschied in der Nachweisfrequenz bildet zwar den Unterschied in der Abwasserentsorgung ab: Unter der Annahme, daß illegale Einleitungen keine nennenswerte Bedeutung mehr haben, leiten an der Kall über 95% der Bevölkerung ihr Abwasser über das Gruppenklärwerk Lammersdorf aus dem Einzugsgebiet heraus, während im Einzugsgebiet des Wahnaches bei vergleichbarer Anschlußquote die Abwässer nach ihrer Behandlung in den Kläranlagen Much und Hillesheim dem Wahnbach zugeführt werden. Einträge sowohl aus Dreikammergruben, wie auch vor allem aus den Entlastungen der Mischkanalisation bei Regenfällen, sorgen aber trotzdem für einen häufigen und auch ähnlich hohen Nachweis der *Giardia*-Cysten an der Kall wie am Wahnbach. Als Beleg für die Herkunft der bei Trockenwetter nachgewiesenen Cysten aus Regenentlastungen der Kanalisation darf die am Roßbach bei Trockenwetter unterhalb des Regenüberlaufbeckens gemessene höchste *Giardia*-Konzentration aus dem gesamten Kall-Einzugsgebiet gelten.

Daß *Cryptosporidium spp.* an den Pegeln von Kall und Wahnbach und auch im Einzugsgebiet der Kall seltener nachgewiesen wird, als am Nauholzbach, verwundert zunächst. Es findet aber offenbar in diesen beiden Einzugsgebieten der Eintrag von Oocysten nicht gleichmäßig durch Tiere, die immer ans Gewässer gelangen können, statt, sondern wechselhaft an immer wieder anderen Stellen, je nach dem, wo Vieh auf den Weiden steht. So erklärt sich auch, daß die erreichten Spitzenkonzentrationen in den Regelproben in den beiden Gebieten über denen am Nauholzbach liegen.

Im Einzugsgebiet der Swist ist der menschliche Einfluß auf das Gewässer allgegenwärtig: Abgesehen von wenigen Kilometern im Oberlauf durchfließt vor allem das Hauptgewässer ausschließlich Siedlungsgebiete oder intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen. Bei Begehungen des Gewässers sind überall in Abständen von wenigen Metern Rohre oder andere Arten von Einleitungen zu erkennen, von denen einige auch bei Trockenwetter dem Bach Wasser zuführen. Bis auf zwei Stellen im Oberlauf der Swist konnten Cysten von *Giardia* an allen Stellen immer nachgewiesen werden. Dies ist mit Sicherheit ein Abbild der Tatsache, daß im Einzugsgebiet im Untersuchungszeitraum acht Kläranlagen bestanden, und darüber hinaus etwa 28 Regenentlastungsanlagen dem Gewässer bei Regenwetter nur grob gereinigtes Abwasser zukommen lassen (Zum Vergleich: an

Kall und Wahnbach existierten zum gleichen Zeitraum jeweils etwa vier solcher Anlagen [28]). Daß die Cysten zum Großteil über die Kläranlagen in das Gewässer gelangen, zeigt auch die Betrachtung der *Giardia*-Werte im Gewässerverlauf: Mit zunehmender Zahl einleitender Kläranlagen über die Gewässerlänge ist ein deutlicher Anstieg sowohl der Mediane, als auch der maximal gemessenen Cysten-Konzentrationen zu beobachten. Eine Betrachtung der eingeleiteten Wassermengen aus den Kläranlagen im Vergleich zur Gesamtabflußmenge am Pegel Weilerswist unterstreicht zusätzlich, daß vor allem das Hauptgewässer Swist nicht nur hinsichtlich der nachweisbaren Parasiten-Konzentrationen, sondern grundsätzlich stark durch die Kläranlageneinleitungen geprägt ist (Vgl. Abb. 17, Seite 88). Unerwarteterweise wurden Cryptosporidien und Giardien unregelmäßig schon oberhalb der ersten Kläranlageneinleitungen in der Swist nachgewiesen. Nach der ATKIS-Landnutzungskartierung (E) spielt Grünlandnutzung dort kaum eine Rolle. Bei Begehungen am Oberlauf konnte aber festgestellt werden, daß schmale Streifen Grünland entlang des Gewässers als Weide für Rinder und Pferde genutzt werden. Von diesen Weiden haben die Tiere in aller Regel vollkommen freien Zutritt zum Wasser und können so für eine Kontamination nicht nur mit Parasitendauerstadien sorgen.

6.4.2 Effekte von Starkregen

Die Veränderung der mikrobiellen Belastung von Fließgewässern in Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen ist erst in den letzten Jahren immer mehr in den Focus der Untersuchungen gekommen. In der Literatur finden sich Hinweise auf steigende bakterielle und parasitäre Belastung nach schweren Regenfällen, welche insbesondere in Zusammenhang mit Abschwemmungen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen gebracht werden [99, 110]. Die Bedeutung dieser kurzfristigen wetterabhängigen Belastungen vor allem für nachgeschaltete Trinkwasseraufbereitungen unterstreicht [21], der einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen wasserbürtigen Krankheitsausbrüchen und vorangegangenen Niederschlagsereignissen für Ausbrüche in den USA zwischen 1948 und 1994 nachweisen konnte. Auch [92] erwähnt außergewöhnliche Witterungsbedingungen im Zusammenhang mit wasserbedingten Ausbrüchen. Quantifizierende Untersuchungen liegen bislang jedoch nicht vor.

Für einige Nutzungsarten von Oberflächengewässern existieren mikrobiologische Grenz- oder Richtwerte bzw. Güteanforderungskriterien:

- EG-Richtlinie über Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten vom 16.06.1975 (75/869 EWG)
- EG-Richtlinie über die Qualität der Badegewässer vom 8.12.1975 (76/160 EWG)
- Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer; Hauptnutzungsart: Entnahme für die Landwirtschaft - Güteanforderungen an „Beregnungswasser für Freilandkulturen“ [2]

Die Frage der Niederschlags- und Abflußverhältnisse zum Zeitpunkt bzw. im Vorfeld der geforderten Probenahmen wird in keiner der genannten Bestimmungen thematisiert. Demnach wird davon ausgegangen, daß die gewonnenen mikrobiologischen Befunde unabhängig von den Niederschlags- und Abflußverhältnissen als repräsentativ für ein Untersuchungsintervall anzusehen seien. Daß dies nicht so ist, belegen neben den hier vorgelegten Untersuchungen auch die Ergebnisse von [9], einer Untersuchung an sächsischen und thüringischen

Trinkwassertalsperren, die in den Zuflüssen ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit der Parasitenkonzentrationen von der Niederschlags- und Abflusssituation darstellen konnten.

Gerade im Einzugsgebiet von (Trinkwasser-) Talsperren ist neben der Betrachtung der Konzentrationen potentiell pathogener Organismen besonders die stark erhöhte Organismenfracht zu berücksichtigen: Vergleicht man über das gesamte Jahr gerechnet die (geschätzte) Gesamtfracht an Organismen mit den bei Hochwasser-Verhältnissen eingetragenen Frachten, so zeigt sich, daß bis zu 70% der an den untersuchten Pegelmeßstellen ankommenden Parasiten-Jahresfracht aus den wenigen Starkregenereignissen stammen, obwohl sie nur einen vergleichsweise kleinen Teil des Jahres wirksam sind [79]. Die Tatsache, daß bei Starkregenfällen unter anderem erhöhte Parasitenfrachten in den Gewässern zu erwarten sind, bestätigt auch [144] nach der Auswertung verschiedener Literaturstellen und weist auf die besondere Bedeutung gerade für Trinkwassergewinnungsanlagen am Unterlauf hin. Der hohen Organismenfracht ist besondere Bedeutung beizumessen bei der Abschätzung des Puffervermögens eines Talsperrenkörpers, da gerade die beiden untersuchten Parasitendauerformen bei den Verhältnissen am Grund einer Talsperre (kühl, nährstoffreich) bis zu mehreren Monaten vital und infektiös bleiben können [24]. [17] konnte darüber hinaus zeigen, daß Oocysten von *Cryptosporidium* auch durch längeren Aufenthalt in Flußwasser nicht empfindlicher für Chlor-Desinfektion werden, sondern unter Umständen sogar noch resistenter. Dies bedeutet, daß eine auch nach Starkregenereignissen sichere Trinkwasseraufbereitung aus Oberflächenwasser hauptsächlich von der Filterleistung abhängt, und chemische Desinfektionsmaßnahmen für parasitologische Kontaminationen nur einen untergeordneten Effekt haben.

Nauholzbach

Bei den Regelproben lag der gemessene Abfluß zwischen 4,9 l/s im September und 190 l/s im Dezember 1997. Demgegenüber war der Abfluß an den Tagen mit Ereignisprobenahme maximal 70 bzw. 317 l/s. Die bakteriologischen Parameter lagen in den Ereignisproben in der Größenordnung einer log-Stufe über dem Schwankungsbereich der Regelproben.³ *Campylobacter* konnte nur in den Ereignisproben nachgewiesen werden.

Giardien konnten wie in den meisten Regelproben auch bei Niederschlagsereignissen nicht nachgewiesen werden. Die Cryptosporidien-Konzentration blieb bei einem isolierten Maximalwert von 35,5 Oocysten/100l und einem Medianwert aller Ereignisproben von 12,4 Oocysten/100l unter den an Kall (Maximalwert: 65,6; Median: 14,3) und Wahnbach (Maximalwert: 147,1; Median: 17,8) bei Starkniederschlägen beobachteten Konzentrationsanstiegen.

Bei den chemischen Parametern war in den Ereignisproben nur der Phosphor-Wert gegenüber den Regelproben erhöht, dies allerdings um das bis zu zehnfache. Dies ist über die hohe Adsorption dieses Stoffes an Feinpartikel zu erklären, die bei den hohen Abflüssen offensichtlich in großen Mengen im Gewässer mitgeführt wurden (hohe Trübungswerte!).

Da eine Beeinträchtigung des Einzugsgebietes durch Landwirtschaft oder menschliche Fäkalien nahezu vollständig ausgeschlossen werden kann, kommt für eine Kontamination der Oberflächengewässer lediglich der hohe Wildbestand in Frage. Äsungsstellen, Gehölzverbiß, Kotreste und Trittspuren weisen auf einen unmittel-

baren Kontakt des Wildes mit den Gewässern hin. Der intensivierte oberflächliche Abfluß erhöht die Einschwemmung abgesetzter Losung in die Gewässer. Diese Situation kann den Konzentrationsanstieg bei den Mikroorganismen, die zur natürlichen Warmblüter-Darmflora zu rechnen sind (*E. coli*, Coliforme, Fäkalstreptokokken, Clostridien), erklären. Der Nachweis von Krankheitserregern (Salmonellen, Yersinien, Giardien, Cryptosporidien) wich demgegenüber nicht auffällig vom Nachweismuster in Regelproben ab. Auffällig war lediglich, daß *Campylobacter* ausschließlich in Ereignisproben nachzuweisen war.

Der Anstieg der Konzentration von Mikroorganismen der physiologischen Warmblüter-Darmflora bei Niederschlagsereignissen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Wildbesatz im Einzugsgebiet zurückzuführen. Der weitgehend ausbleibende Konzentrationsanstieg hinsichtlich pathogener Darmbewohner kann mit einer geringen Durchseuchung des Wildbestandes erklärt werden. Der Eintrag wäre dann, weitgehend unabhängig vom Niederschlagsgeschehen, auf das Verhalten einzelner infizierter Wildtiere im Revier zurückzuführen. Dies erklärt auch die großen und witterungsunabhängigen Schwankungen der nachgewiesenen Konzentrationen von *Cryptosporidium*-Oozysten und den sporadischen Nachweis von Yersinien und *Campylobacter*. Der mäßige Nitrat-Anstieg während der Niederschlagsereignisse kann mit dem intensivierten Eintrag vom Wild ausgeschiedener Stickstoffverbindungen in die Gewässer ebenfalls plausibel erklärt werden. Darüber hinaus haben sicherlich auch geogener Stickstoffeintrag und Abschwemmung von der Grünlandfläche bei Forsthaus Hohenroth eine Bedeutung.

Hinsichtlich der Dynamik der diskutierten Parametererhöhungen während der Niederschlagsereignisse ist festzustellen, daß sie mit einer gewissen Verzögerung dem Anstieg des Abflusses folgen. Ein einheitlicher Trend über die Probenahmen ist nicht erkennbar. Da die Struktur des Einzugsgebietes weitgehend homogen ist, ist auch ein verstärkter Eintrag mikrobieller und chemischer Kontaminationen über die gesamte Gewässerslänge zu erwarten. In Abhängigkeit von der Fließstrecke erfolgte dann die Erfassung der Einträge an der Probenahmestelle. Über die zeitliche Auflösung des Ereignisses ergibt sich auf diese Weise eine weitgehend ungestörte, räumliche Auflösung des Eintrages, die als recht ungestört angesehen werden kann. Dies erklärt das stabile Bild über die gesamten Probenahmereinheiten während der beiden Ereignisse.

Wahnbach

Bei den Regelproben lag der gemessene Abfluß bei 73 bis 2.118 l/s. Demgegenüber betrug der Abfluß an den drei Ereignisproben jeweils maximal ca. 2.700, 750 bzw. 1.200 l/s.

Die bakteriologischen Parameter außer Clostridien und Yersinien lagen bei den Ereignisproben in der Größenordnung mindestens eine log-Stufe über dem Schwankungsbereich der Regelproben.⁴ Die Clostridienkonzentration war lediglich bei zwei Ereignissen erhöht, Yersinien fanden sich nur in einer der 14 Ereignisproben.

Beide parasitologischen Parameter verzeichneten während der Starkregenereignisse sowohl hinsichtlich der Nachweisfrequenz als auch in den gemessenen Konzentrationen eine Steigerung: Die Konzentration von *Cryptosporidium*-Oocysten lag bei Proben außerhalb von Niederschlagsereignissen bis auf zwei Ausnahmen immer

³ Wenige Ausreißer unter den Regelproben können ebenfalls mit Witterungsbedingungen in Zusammenhang gebracht werden.

unter 10/100 l. Der Median war 1,5. Demgegenüber lag die Konzentration bei 9 von 14 Ereignisproben über 15/100 l, bei 5 über 20/100 l. Die Konzentration der *Giardia*-Cysten, die bis auf zwei Ausnahmen unter 5/100 l lag (Median 1,5/100l; 12 von 26 Proben negativ), lag bei 9 der 14 Ereignisproben über 10/100 l, bei 2 über 20/100 l (3 von 14 Proben negativ).

Die Konzentration aller chemischen Parameter liegt bei den Ereignisproben im Schwankungsbereich der Regelproben. Es ist eher ein Verdünnungseffekt denn eine zusätzliche Belastung erkennbar.

Die Ereignis-bezogenen Ergebnisse am Wahnbach stellen sich hinsichtlich der bakteriologischen Parameter ähnlich dar, wie am Nauholzbach. Auch hier kann die Erklärung darin gesehen werden, daß die Durchseuchung der als Ausscheider pathogener Mikroorganismen in Betracht kommenden Menschen und Tiere im Einzugsgebiet und damit die Ausscheidung derartiger Bakterien im Verhältnis zur Wasserführung des Wahnba-ches zu gering und unstet ist, um in dem vielfältig beeinflussten System einen niederschlags- und abflußkorrelierten Trend abzubilden. Eine überschlägige Kalkulation zum Eintrag aus der Kläranlage Hillesheim bestätigt diese Überlegung: Wie in Kapitel 5.1.5.1 dargestellt, beträgt der Anteil der Kläranlage am Pegelabfluß maximal 5%, im Jahresmittel knapp 1%, bei Hochwasser nach Starkregen sinkt der Anteil auf ca. 0,2%. Bei diesen Größenordnungen und den am Kläranlagenablauf gemessenen Konzentrationen ist der Kläranlagenablauf bei Starkregenereignissen auf keinen Fall prägend für die Konzentrationen am Pegel.

Eine Abweichung von der Situation am Nauholzbach fällt jedoch bei der Betrachtung der parasitologischen Parameter bei Niederschlagsereignissen auf: Die Konzentrationen von *Cryptosporidium*-Oocysten nehmen mäßig, die der *Giardia*-Cysten gegenüber den Trockwetter-Werten deutlich zu.

Die Untersuchungen an Kläranlagenabläufen zeigen durchgehend Belastungen mit Giardien. Im Gegensatz zur Situation hinsichtlich der *Cryptosporidien* kann daher die Belastung von Oberflächengewässern mit Giardien durch Einleitungen geklärter oder ungeklärter Siedlungsabwässer erklärt werden. Aufgrund der Trennkanalisation im Einzugsgebiet des Wahnba-ches ist zu erwarten, daß die Konzentration von *Giardia*-Cysten in den Kläranlagenabläufen von Hillesheim und auch Much nicht in Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen steht. Bei unveränderten Bedingungen auf der Fließstrecke im Gewässer wäre dann aber zu erwarten, daß Niederschlagsereignisse, die den Abfluß des Wahnba-ches binnen weniger Stunden um das Zehnfache anschwellen lassen können, durch Verdünnung eine Senkung der Giardien-Konzentration bewirken. Die gegenteilige Beobachtung kann nur durch veränderte Bedingungen auf der Fließstrecke erklärt werden: Offenbar werden bei hohen Abflüssen Cysten aus dem Sediment des Gewässers remobilisiert, die dort unter Trockenwetterverhältnissen abgelagert wurden.

Der Eintrag von *Cryptosporidium*-Oocysten aus der Kläranlage Hillesheim in den Wahnbach kann den deutlichen Konzentrationsanstieg im Gewässer unter Hochwasserbedingungen keinesfalls erklären. Es muß daher von einem Eintrag aus tierischen Fäkalien ausgegangen werden, der unter den Bedingungen bei starkem Niederschlag z.B. durch Abschwemmung von Grünland oder Hofflächen erhöht ist. Daneben sind natürlich auch hier veränderte Sedimentationsraten bzw. Remobilisierungsvorgänge auf der Fließstrecke als Erklärung mit in Betracht zu ziehen. Wegen des geringen Waldanteils im Einzugsgebiet gegenüber einem hohen Anteil land-

⁴ Wenige Ausreißer unter den Regelproben können ebenfalls mit Witterungsbedingungen in Zusammenhang gebracht werden.

wirtschaftlich genutzten Grünlands ist davon auszugehen, daß der landwirtschaftlichen Tierhaltung gegenüber dem Wildbesatz hierbei in jedem Fall die größere Bedeutung zukommt.

Beim Vergleich der beprobten Ereignisse ist ein einheitlicher Trend der Ergebnisse über den beprobten Zeitraum nicht erkennbar. Diese Feststellung gilt vor allem für die Konzentration der Parasiten-Dauerformen.

Kall

Bei den Regelproben wurden mit einer Ausnahme (25.02.97: 5.300 l/s) Abflüsse unter 1.500 l/s gemessen, der Mittelwert lag bei 340 l/s. Der Abfluß an den Tagen mit Ereignisprobenahme betrug maximal ca. 3.700 bzw. knapp 1.400 l/s.

Die Koloniezahlen für 20° und 36°C Bebrütungstemperatur sowie die Clostridien-Konzentration lagen bei den Ereignisproben in der Größenordnung mindestens eine log-Stufe über dem Schwankungsbereich der Regelproben.⁵ Die Werte für E.coli, Coliforme und Fäkalstreptokokken lagen im Schwankungsbereich der Regelproben. Lediglich beim zweiten Ereignis war die Konzentration der Coliformen um eine log-Stufe erhöht. Salmonellen waren nicht, Campylobacter nur einmal nachweisbar. Yersinien fanden sich nur beim ersten Ereignis.

Hinsichtlich der parasitären Belastung stellt sich die Situation an der Kall wiederum anders dar als an Nauholzbach und Wahnbach. Bis auf einen isolierten Wert während des zweiten Ereignisses lagen die Konzentrationen von Giardia-Cysten während der Ereignisse im Schwankungsbereich der Regelproben. Beim ersten Ereignis wurden Giardien überhaupt nicht nachgewiesen. Demgegenüber waren die *Cryptosporidium*-Konzentrationen deutlich erhöht: Sie lagen in 8 von 11 Ereignisproben (73 %) über 10 Oocysten / 100 L, während dies bei den Proben außerhalb von Niederschlagsereignissen nur in 12 % der Fall war.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Untersuchungen an den Kläranlagenabläufen (Kap. 5.2.3) läßt sich feststellen, daß Siedlungsabwasser, welches –wie oben gezeigt- als Haupteintragspfad für Giardien anzusehen ist, im Einzugsgebiet der Kall weder unter Normal- noch unter Starkniederschlagsbedingungen einen quantitativ bedeutenden Anteil an der Gewässerbelastung am Pegel Kall haben kann. Andernfalls wäre ein höhere Belastung mit *Giardia*-Cysten zu erwarten gewesen. Dies paßt zu den Ergebnissen der geoökologischen Charakterisierung des Einzugsgebietes (Kap. 3.3), wonach die Siedlungsentwässerung über die Gruppenkläranlage Simmerath und eine Umgehungsleitung vollständig an den Talsperren-Zuläufen vorbeigeleitet wird, und nur wenige Wohnhäuser dezentral, aber ohne Abschlag in ein Gewässer, ihr Abwasser entsorgen. Entsprechend dem geringen Eintrag in die Gewässer können auch, entgegen den Verhältnissen am Wahnbach, bei hohem Abfluß kaum *Giardia*-Cysten aus dem Sediment resuspendiert werden, und ein verstärkter Eintrag bei Regenwetter findet offenbar nicht statt.

Hinsichtlich der *Cryptosporidium*-Konzentrationen muß wie am Wahnbach von einem Eintrag aus tierischen Fäkalien ausgegangen werden, der unter den Bedingungen bei starkem Niederschlag durch Abschwemmung von geneigten Weide- oder gedüngten Ackerflächen erhöht ist. Darüber hinaus kommen veränderte Resuspensionsbedingungen auf der Fließstrecke als Erklärung der erhöhten Konzentrationen bei Hochwasser in Betracht. Wegen des geringen Waldanteils im Einzugsgebiet der Kall - die Waldflächen im Einzugsgebiet der

Kalltalsperre entwässern im wesentlichen über Keltzerbach und Saarscher Bach - und des hohen Anteils landwirtschaftlich genutzten Grünlands ist davon auszugehen, daß der landwirtschaftlichen Tierhaltung gegenüber dem Wildbesatz hierbei die größere Bedeutung zukommt.

6.4.3 Kläranlagen

Die fünf untersuchten Kläranlagenzuläufe im Einzugsgebiet der Swist enthalten selten *Cryptosporidium*-Oocysten, weshalb es, wie schon erwähnt, nicht möglich ist, für die untersuchten Anlagen gesicherte Eliminationsleistungen für diesen Parasiten anzugeben. In den Abläufen dieser Kläranlagen wurden in maximal 40 % der Proben Cryptosporidien nachgewiesen. Die Nachweisfrequenz war zwar an den Abläufen der Kläranlagen Niederkassel und Hillesheim höher, die Konzentrationen lagen aber ebenfalls alle unter 10 Oocysten/100 L. Die geringen Nachweisfrequenzen bereits im Zulauf deuten zum Einen auf allenfalls sporadischen Eintrag aus landwirtschaftlichen Quellen, zum Anderen auf eine geringe Durchseuchung der Bevölkerung hin.

Der Vergleich der Zulauf-Konzentrationen von *Giardia*-Cysten mit denen der *Cryptosporidium*-Oocysten unterstreicht nochmals die Tatsache, daß vor allem menschliche Fäkalien als Quelle für *Giardia*-Cysten im Wasser in Frage kommen. Dies spiegelt sich, wie oben bereits erwähnt in den als Vorfluter dienenden Gewässern unmittelbar wider: Fehlen Einleitungen kommunaler Abwässer im Einzugsgebiet, so sind die Konzentrationen der Giardien deutlich geringer, als in Einzugsgebieten mit solchen Einleitungen; An der Swist kann über das Längsprofil an der Median-Konzentration der Giardien die Menge eingeleiteten gereinigten Abwassers nachvollzogen werden (Vergleiche Abb. 58, Seite 136). Daß Belastungen mit *Giardia*-Cysten sich im Gewässer auch nachhaltig an Stellen mit nur kurzzeitiger Abwasser-Einleitung auswirken können, zeigen die Untersuchungen am Roßbach im Einzugsgebiet der Kall, wo unterhalb der Einleitungsstelle eines Regenüberlaufbeckens auch bei Trockenwetter Konzentrationen von 33,2 / 100 L nachgewiesen werden konnten (Vergleiche Abb. 57, Seite 133).

Um den Einfluß der Kläranlagen auf die parasitologische Belastung vor allem im Einzugsgebiet der Swist deutlicher zu machen, wurde in einer stark vereinfachten⁶ Rechnung der Anteil der Kläranlagen an der Jahresfracht verschiedener Organismen in der Swist abgeschätzt und in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Theoretisch ermittelter Kläranlagenanteil der an der Stelle P22 nachgewiesenen Organismen

		Cryptosporidium sp. (/100 L)	KBE 20°C (/1 ml)	KBE 36°C (/ml)	E. coli, MPN- Verfahren (/100ml)	Coliforme (MPN) (/100 ml)	sulfitred., sporenb. Anaerobier (/100ml)
Anteil der Kläranlagen an der Gesamtfracht der Swist bei P10	71%	0%	28%	45%	58%	20%	46%

⁵ Wenige Ausreißer unter den Regelproben können ebenfalls mit Witterungsbedingungen in Zusammenhang gebracht werden.

⁶ So gehen Resuspensions- und Sedimentationseffekte nicht ein, und auch eine eventuelle Vermehrung oder ein Absterben der Organismen im Wasser wird nicht berücksichtigt.

An allen Kläranlagen, an denen eine Probenahme im Gewässer ober- und unterhalb möglich war, ergeben sich im Median Erhöhungen der *Giardia*-Konzentrationen, vorhandene *Cryptosporidium*-Oocysten wurden dagegen durch die Einleitungen verdünnt. Als Haupteintragsweg für *Giardia* sind somit die Einleitungen der Kläranlagen anzusehen, wie auch Tabelle 21 deutlich zeigt: Rein rechnerisch stammen über 70% der unterhalb der Kläranlage Heimerzheim im Swistbach nachgewiesenen Giardien aus den untersuchten Kläranlagenabläufen. In dieser Abschätzung sind ebenfalls noch nicht eingerechnet Frachten aus Entlastungen der Mischwasserkanalisation, die bei Starkregenfällen zum Schutz des Kanalnetzes und der Kläranlagen grob gereinigtes oder ungereinigtes Abwasser in die Fließgewässer abschlagen. Der Einfluß dieser Anlagen kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur abgeschätzt werden. Aus den Untersuchungen des Entlastungsereignisses am RÜB II der Kläranlage Flerzheim ist aber zu schließen, daß auf diesem Wege erhebliche Frachten in das Gewässer gelangen. Auf ihre möglicherweise nachhaltige Wirkung nicht nur in der Jahresfracht sondern auch in Gebieten kurz unterhalb der Einleitungsstelle wurde im Zusammenhang mit dem Regenüberlaufbecken am Roßbach bereits hingewiesen.

6.4.4 Konsequenzen für Nutzungen

Vor allem aus zwei Eigenschaften der untersuchten Parasiten ergibt sich bei ihrem Nachweis im Gewässer die Notwendigkeit, Konsequenzen für bestimmte Nutzungen zu erwägen: Zum Einen sind sie gegenüber Umwelteinflüssen weitaus resistenter als Bakterien, und zum Anderen zeichnen sie sich durch deutlich niedrigere Infektionsdosen aus. Für eine Nutzung des ggf. kontaminierten Oberflächenwassers als Trinkwasser ist darüber hinaus auch noch ihre hohe Resistenz gegen Desinfektionsverfahren mit Chlor von Bedeutung.

Ferner zeigen mittlerweile einige Arbeiten, daß eine Infektion mit den beiden untersuchten Parasiten beim Baden (auch in Schwimmbädern) durchaus möglich ist [13, 43, 50, 97, 111, 131].

In den zur Zeit gültigen Verordnungen existieren keine Grenz- oder Richtwerte für in Oberflächenwasser enthaltene Parasitendauerformen. [97] beschreiben allerdings für die Aufnahme einer einzigen *Giardia*-Cyste bereits eine Infektionswahrscheinlichkeit von 2%. Die Aufnahme einer einzigen Oocyste von *Cryptosporidium* zieht nach diesen Angaben eine Infektion mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,4% nach sich. Einen weiteren Anhaltspunkt für eine gesundheitliche Bewertung der Parasitenkonzentrationen ist außerdem der von [58] vorgeschlagene "Action-level" für *Cryptosporidium* von 10-30 Oocysten/100L. im Trinkwasser und der analog von [139] formulierte "Action-level" für *Giardia lamblia* von 3 - 5 Cysten /100 L. Trinkwasser. Die Autoren gehen davon aus, daß bei Erreichen oder Überschreiten dieser Level wasserbedingte Ausbrüche in der Bevölkerung deutlich erkennbar werden. Bei niedrigeren Konzentrationen können unter Umständen auch Ausbrüche auftreten; diese werden aber in der Regel nicht erkannt. Um von für Trinkwasser aufgestellten Levels zu einer Einschätzung der Gefährdung Badender oder im Gewässer spielender Kinder in den untersuchten Fließgewässern zu kommen, muß Folgendes berücksichtigt werden: Allgemein wird davon ausgegangen, daß pro Person und Tag zwischen einem und zwei Litern Trinkwasser konsumiert werden, beim Baden wird nur von einer "unfreiwilligen" Aufnahme von 50 [27] bis 100 ml Wasser ausgegangen [93]. Angesichts dieser Vorüberlegungen zur unabsichtlich aufgenommenen Wassermenge beim Baden, und der in den Gewässern festgestellten Konzentrationen erscheint das Risiko einer Cryptosporidien-Erkrankung für einen Badenden an fast allen un-

tersuchten Stellen in den Gewässern begrenzt; Ein erhöhtes Erkrankungsrisiko ist jedoch vor allem nach Starkregenereignissen und bei Auftreten von Cryptosporidiosen in der Bevölkerung nicht auszuschließen. Ab dem Bereich der Probenahmestelle P20 (unterhalb Kläranlage Miel) erscheint die Nutzung der Swist für Bade- und Spielzwecke und für die Bewässerung von Obstkulturen aus hygienisch-medizinischer Sicht aber zumindest zeitweise bedenklich.

In den Einzugsgebieten von Nauholzbach, Wahnbach und Kall ergibt sich nach dem "Action-Level" für *Giardia* ein ähnlich geringes Risiko wie für *Cryptosporidium*; An der Swist jedoch besteht spätestens ab dem Mittellauf ein erhöhtes Risiko, an einer badebedingten Giardiasis zu erkranken. Obwohl bei Starkregenfällen an Wahnbach und Kall die *Giardia*-Konzentrationen ebenfalls steigen, wurden ähnlich hohe Risiken dort nie erreicht.

Im Rahmen der Untersuchungen an der Swist waren die Parasiten vor allem wegen der vielfältigen möglichen infektionsrelevanten Nutzungen von Bedeutung, denen ein solches Gewässer dienen kann, wie z.B. Baden, spielende Kinder und Bewässerung von Sonderkulturen. Viele dieser Nutzungen finden ohne eine offizielle Ausweisung der Gewässerabschnitte für diesen Zweck statt. Trotzdem konnten entsprechende Aktivitäten oder ihre Spuren bei Begehungen des Gewässers vor Ort festgestellt werden, und spielen somit für die Bewertung der Wasserqualität eine Rolle.

Ebenso wie andere Partikel unterliegen auch die Parasitendauerformen im Gewässer einer Verdünnung und - vor allem in lenitischen Bereichen- der Sedimentation. Genauso läßt sich aber bei Hochwasserereignissen auch eine Remobilisierung der Dauerformen aus dem Sediment feststellen. Da die Parasitendauerformen bei den im Gewässersediment gegebenen Temperaturen darüber hinaus bis zu über einem Jahr lebensfähig bleiben können [97, 134], besteht durchaus die Gefahr, daß ein großer Teil der aus der Landwirtschaft bzw. aus Kläranlagen ständig in das Gewässer eingetragenen Oocysten und Cysten zeitversetzt, dafür aber in konzentrierten Schüben, weiter bachabwärts gelegene Bereiche erreicht und sich in lenitischen Arealen (Swist) oder am Talsperrboden (Wahnbach, Kall) wieder absetzt. Bedeutsam ist in diesem Zusammenhang auch, daß der Kontakt mit Fäzes offenbar die Überlebensfähigkeit der sporadisch eingetragenen Cryptosporidien erhöht [119], und die gemeinsame Einleitung mit Partikeln aus Kläranlagen die Sedimentationsgeschwindigkeit sowohl der Oocysten wie auch der Cysten erhöht, da sie sich leicht an organische Partikel binden [98]. An der Swist stellen andererseits aber gerade lenitische, also ruhigere Bereiche am Bach, nach Feldbeobachtungen sowohl bevorzugte Spielplätze für Kinder dar, als auch gerne genutzte Möglichkeiten für Landwirte, Tankwagen mit Beregnungswasser zu füllen.

Hinsichtlich der Nutzung des Swist-Wassers als Beregnungswasser für Obstkulturen erscheint angesichts der regelmäßigen Parasiten-Nachweise Vorsicht geboten. Zum Risk-Assessment von Parasitendauerstadien auf Obst und Gemüse liegen bisher allerdings kaum Daten vor [66]. Hinsichtlich der Gefährdung durch kontaminiertes Oberflächenwasser zur Beregnung hilft aber die folgende Rechnung weiter: Bei einer Konzentration von 10 Oocysten pro Liter (=1.000 pro 100 Liter), und der realistischen Annahme, das etwa 10 ml Wasser auf einem Kilo Obst hängen bleiben, ergibt sich eine Belastung von 0,1 (Oo-) Cysten pro Kilo Obst [66], was der Konzentration des Action-Levels für Cryptosporidien nach [58] umgerechnet pro Liter entspricht. Die für die

se Rechnung angenommene Konzentration im Oberflächenwasser wurde aber weder für *Cryptosporidium spp.* noch für *Giardia lamblia* in den für die vorliegende Arbeit untersuchten Oberflächenwasserproben erreicht. Ein akutes, hohes Risiko besteht demnach auch an der Swist nicht. Daß aber vitale Dauerstadien der Parasiten gleichwohl auf Obst und Gemüse vorkommen können, konnte [118] nachweisen. Aus dem Wissen um eine regelmäßige Kontamination des Bachwassers mit Parasitendauerstadien ergibt sich demnach die Notwendigkeit einer regelmäßigen Kontrolle der Qualität des Beregnungswassers, auch vor dem Hintergrund, daß für Oberflächenwasser zur Beregnung bakteriologische Richtwerte in den "Allgemeinen Güteanforderungen an Fließgewässer, Hauptnutzungsart: Entnahme für die Landwirtschaft - Güteanforderungen an „Beregnungswasser für Freilandkulturen“" [2] oder bei [145] vorhanden sind. Es ist grundsätzlich zu fordern, daß für die Beregnung von Feldfrüchten sauberes, d.h. nicht kontaminiertes Wasser verwendet wird [66]. Die bedenkenlose Nutzung von abwasserkontaminiertem Bachwasser zur Beregnung von Obst, das womöglich ungewaschen verzehrt wird, wird dadurch in Frage stellt.

Eine zentrale Frage bei der Untersuchung der drei Fließgewässer im Zulauf von Trinkwassertalsperren war, ob die von den Zuläufen eingetragenen Parasitenkonzentrationen problematisch für die Trinkwasserversorgung werden können. Für eine parasitologische Bewertung der Nutzung von Oberflächengewässern zur Trinkwassergewinnung muß dazu neben der gemessenen Parasitenkonzentration auch die mögliche Reinigungswirkung im Gewässerlauf bis zur Talsperre, im Talsperrenkörper, und schließlich in der Aufbereitung berücksichtigt werden (Multi-Barrieren-Prinzip). Die von [108] beschriebene Eliminationsleistung einer Trinkwasseraufbereitung von vier log-Stufen für *Giardia*-Cysten findet sich in der Literatur selten; in der Regel werden Werte um drei Log-Stufen für Aufbereitungen mit einer Flockungsfiltration angegeben, wobei *Giardia* meist besser zurückgehalten wird, als *Cryptosporidium*. Dabei ist weiter zu berücksichtigen, daß die Leistung einer Aufbereitung in Abhängigkeit von der Rohwasserqualität schwanken kann: Kommt es bei Starkregenereignissen oder Schneeschmelze z.B. zu hohen Trübungen im Rohwasser, so kann die Filterleistung durch Überlastung gemindert sein. Im schlimmsten Fall kann es dann zu einem Durchbrechen von Trübstoffen und damit auch Bakterien und Parasiten auf die Reinwasserseite kommen. Eine Trinkwasseraufbereitung muß also nicht auf die "normalen" Verhältnisse mit Trockenwetterabfluß und geringen Trübungswerten ausgelegt sein, sondern für den "worst-case" nach Regenfällen, bei dem große Wassermengen mit hohen Trübstofffrachten in den Talsperrenkörper gelangen, und es unter Umständen je nach Schichtung des Wasserkörpers zu Kurzschlußströmungen dieses Wassers durch den Talsperrenkörper direkt bis hin zur Entnahmestelle kommen kann. Übertragen auf die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung würde das bedeuten, daß die jeweiligen Aufbereitungsanlagen an Obernau-, Kall- und Wahnachtalsperre in der Lage sein müßten, *Cryptosporidium*-Konzentrationen von bis zu 150 Oocysten / 100 L soweit aus dem Wasser zu filtern, daß sie Trinkwasser mit weniger als 10 Oocysten / 100 L (Action-Level) abgeben könnten. Dies entspricht einer Eliminationsrate von ein bis zwei log-Stufen. Bei einer Soll-Reinigungsleistung von drei log-Stufen der Aufbereitungsanlage und einer Soll-Eliminationsleistung durch die Talsperrenkörper von mindestens einer weiteren log-Stufe ist also eine ausreichende Sicherheit für die parasitologische Qualität des Trinkwassers gegeben.

7 Schlußfolgerungen

7.1 Landnutzung und Parasitenkonzentrationen im Gewässer

Es ist nicht möglich, für *Cryptosporidium* eine grundsätzliche Feststellung zu machen dergestalt, daß jede Steigerung der Weidenutzung oder des gewässernahen Intensivackerbaus mit Düngung im Einzugsgebiet gleichsam automatisch eine Steigerung der Oocysten-Konzentration im Gewässer am Ende des Einzugsgebietes nach sich zieht. Abb. 61 verdeutlicht, daß der Regelproben-Median der Cryptosporidien-Konzentration von den drei untersuchten Talsperren-Zuläufen am Wahnbach am niedrigsten, und am Nauholzbach am höchsten ist. Es müssen neben den augenfälligen landwirtschaftlichen Nutzungen also immer auch Effekte wie hoher Wildbesatz durch starke Jagdnutzung (Nauholzbach), Verdünnung der Oocysten durch Cryptosporidien-arme Siedlungsabwässer oder Flächenentwässerungen (Wahnbach) mit in Betracht gezogen werden. Die Parasiten-nachweise im Oberlauf der Swist zeigen außerdem, daß nicht die Größe der ausgewiesenen Weideflächen in Gewässernähe entscheidend ist, sondern ihre Ausgestaltung hinsichtlich der Möglichkeiten der Tiere, direkt an und in das Gewässer zu gelangen.

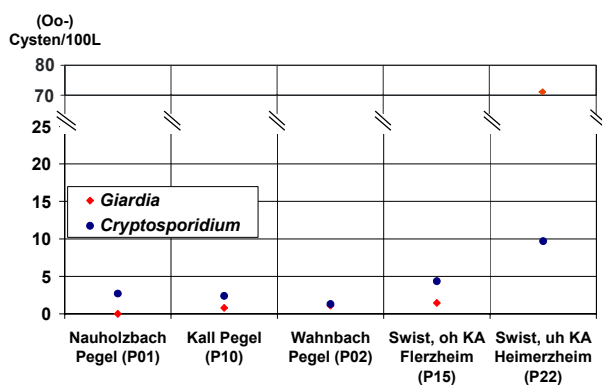


Abb. 61: Mediane Parasitenkonzentrationen an zentralen Stellen der Einzugsgebiete in Regelproben

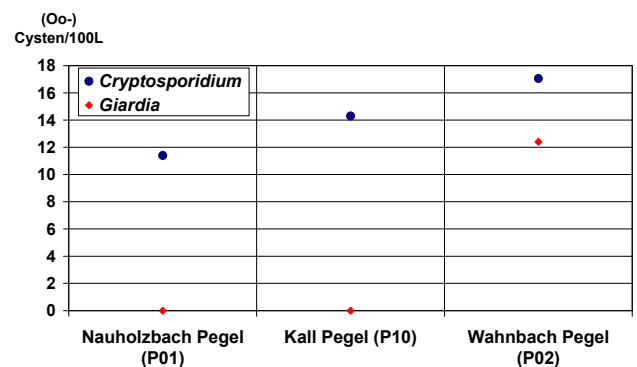


Abb. 62: Mediane Parasitenkonzentrationen an den untersuchten Pegeln bei Regenereignissen

Effekte durch Siedlungsabwässer bilden sich sehr dagegen deutlich in Form der Giardia-Konzentrationen im Gewässer ab (Abb. 61): Am Nauholzbach finden sich kaum Cysten, an der Kall etwas mehr, am Wahnbach machen sich die Kläranlageneinleitungen bereits bemerkbar. Die Swist ist im Median bereits oberhalb der Kläranlage Flerzheim mit Giardien aus Regenentlastungen stärker belastet, als alle drei anderen Gewässer. Der Einfluß der acht Kläranlagen läßt sich unterhalb von Heimerzheim dann sowohl am ständigen Nachweis, wie vor allem am höchsten *Giardia*-Median-Wert aller Probenahmestellen ablesen. Um ständige menschliche Einflüsse auf Gewässer anhand von Regelproben darzustellen, erscheint *Giardia* anhand der hier vorgelegten Ergebnisse als der geeignetere von beiden Parasiten. Allgemein lassen sich Belastungsquellen im Einzugsgebiet offensichtlich deutlicher anhand von Probenahmen unter extremen hydraulischen Verhältnissen zeigen (Abb. 62).

Abschließend läßt sich festhalten, daß vermehrte Viehhaltung auf gewässernahen Flächen im Einzugsgebiet die Gefahr eines sporadischen Eintrags von Cryptosporidien und Giardien erhöht, und eine Erhöhung der im

Einzugsgebiet anfallenden Abwässer den sporadischen (durch Regenentlastungsbauwerke) und regelmäßigen Eintrag (durch Kläranlagen) von Giardien steigert. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich nur die regelmäßigen Einträge bei routinemäßigen Probenahmen unterhalb abbilden; Das gesamte Belastungspotential durch Parasitendauerstadien aus sporadischen und diffusen Quellen zeigt sich dagegen nur unter Hochwasserbedingungen nach Starkregenereignissen. Vor allem für die Bewertung von Nutzungsrisiken im Unterlauf sind die unter solchen Bedingungen erreichten Konzentrationen und Frachten von höchster Bedeutung.

7.2 Effekte von Starkregenereignissen

Bei Starkregenereignissen kommt es zunächst zu einem verstärkten oberflächlichen Abfluß in die Gewässer. Potentiell kontaminationsfähiges Material auf den Flächen, wie Exkremate von Vieh auf Weiden, Gülle auf Ackerflächen oder auch z.B. Hundekot auf versiegelten Verkehrsflächen wird dabei mobilisiert und gelangt in die Vorfluter. Durch die erhöhten Fließgeschwindigkeiten unter Hochwasserbedingungen werden darüber hinaus Sedimente am Gewässergrund remobilisiert und mit ihnen abgelagerte Mikroorganismen. Dauerstadien wie die Oocysten von *Cryptosporidium sp.* oder die Cysten von *Giardia lamblia*, deren Vitalität durch das Verweilen am kühlen Gewässergrund über Monate erhalten bleibt, können so erneut für unterhalb liegende Nutzungen infektionsrelevant werden. Als weiterer wichtiger Eintragspfad für Parasitendauerstadien bei Regenereignissen sind außerdem Regenentlastungen der Mischkanalisation (Regenüberläufe und Regenüberlaufbecken) zu nennen, die große Mengen verdünnten, grob mechanisch gereinigten Abwassers in die Gewässer einleiten. Durch die Summe der genannten Prozesse beobachtet man nach Starkniederschlägen bei den Parasitendauerstadien im Gewässer, anders als bei den meisten physiko-chemischen Parametern, in aller Regel einen deutlichen Anstieg der Konzentrationen. Verbunden mit den hohen Abflußwerten ergeben sich so nach Starkniederschlägen sehr hohe Parasitenfrachten, die vom Gewässer transportiert werden. Nach grob überschlägiger Rechnung kann davon ausgegangen werden, daß in den untersuchten Talsperren-Einzugsgebieten bis zu 70 % der Parasiten-Jahresfracht nur während einiger weniger Starkniederschläge mit ihren nachfolgenden Hochwasserwellen an die Stauwurzel, bzw. in die Vorsperre gelangen. Für die Bewertung der Pufferkapazität des Talsperrenkörpers und die Auslegung der Leistungsfähigkeit der Trinkwasseraufbereitung sind daher vor allem die Verhältnisse nach Regenereignissen zu berücksichtigen.

7.3 Parasiten-Belastung von Siedlungsabwässern

Kläranlagenzuläufe, die hauptsächlich kommunales Abwasser ohne Einflüsse von Industrie oder Gewerbe enthalten, spiegeln die Durchseuchung der angeschlossenen Bevölkerung mit darmbewohnenden Mikroorganismen wider. Dementsprechend werden Cysten von *Giardia lamblia*, dessen Hauptreservoir der Mensch darstellt, nahezu immer nachgewiesen, vor allem, da eine Infektion mit diesem Parasiten häufig symptomlos verläuft. Die Konzentrationen unterliegen starken Schwankungen, die zum Einen in der ungleichmäßigen Verteilung der Durchseuchung in der Bevölkerung begründet liegt, zum Anderen aber vor allem in der im Tagesverlauf stark schwankenden Zusammensetzung des Abwassers. Charakteristika des Einzugsgebietes wie angeschlossene Einwohnerzahl, entwässerte Fläche, Länge des Kanalnetzes haben nach den vorliegenden Ergeb-

nissen eher einen untergeordneten Einfluß. Industrieabwässer, soweit sie nicht aus der Tierverarbeitung stammen, können über Verdünnungseffekte als Senken wirken.

Solange keine Cryptosporidiose-Ausbrüche in der Bevölkerung vorliegen, spielen *Cryptosporidium*-Oocysten im Rohabwasser nur eine geringe Rolle. Ihr Nachweis gelingt weitaus seltener und meist nur in Konzentrationen zwei log-Stufen niedriger als *Giardia*, und spiegelt damit eine deutliche geringere Durchseuchung der Einwohner mit *Cryptosporidium* wider.

Die Verfahren der heutigen Abwasserreinigungstechnik sind bisher in aller Regel auf die physikalisch-chemische Abtrennung von Stoffen aus dem Wasser ausgerichtet; Mikrobiologische und hygienische Aspekte halten hier erst seit kurzem Einzug, und werden bisher vor allem durch Desinfektion des Abwassers mit ultravioletter Strahlung oder durch Membran-Verfahren behandelt.

Sedimentation und Filtration als klassische Abwasserreinigungsverfahren stellen effektive Methoden dar, um Parasitendauerstadienähnlich wie andere Partikel aus dem Wasser zu eliminieren. Dabei hängt der Grad der Reduktion durch Sedimentation im Wesentlichen von der Verweilzeit des Wassers in der Behandlungsanlage ab, sowie von der Menge an vorhandenen oder zugegebenen Flockenbildnern (Belebtschlamm oder z.B. Aluminium-Sulfat). Die Nachschaltung einer Filtrationsstufe steigert die Reinigungsleistung weiter. Bestimmende Faktoren sind hier die Durchflußgeschwindigkeit, die Porengröße des Filters und die Rückspülhäufigkeit.

Die vorliegenden Untersuchungen belegen, daß die parasitologische Reinigungsleistung der Kläranlagen mit der Gesamt-Sedimentationszeit in der Anlage steigt. Als bestimmende Einflußfaktoren darauf konnten neben der Anzahl der Sedimentationsschritte (Sandfang, Vorklärung, Zwischenklärung, Tropfkörper, Nachklärung) die Größe und der Auslastungsgrad der Anlagen ausgemacht werden. Eine abschließende Schnellsandfiltration –ursprünglich eingebaut zur weiteren Reduktion der Nährstoffe und des CSB- macht sich in einer weiteren Reduktion der Parasitendauerstadien bemerkbar. Einfache Kläranlagen in Kompaktbauweise erreichen mediane *Giardia*-Reduktionen zwischen 0,9 und 2 log-Stufen, Anlagen mit "klassischer" Vorklärung, Belebung und Nachklärung 2,3 bis 3,2 log-Stufen, und große Anlagen mit nachgeschalteter Sandfiltration 3 bis 3,6 log-Stufen. Die Reinigungsleistungen für *Cryptosporidium*-Oocysten können nicht mit Sicherheit angegeben werden, da in den Zuläufen oft kein Nachweis möglich war.

7.4 Siedlungsabwässer und parasitäre Gewässerbelastung

In allen Einzugsgebieten, in denen abwassertechnische Einrichtungen vorhanden sind, kommt es zu Belastungen der Oberflächengewässer vornehmlich mit *Giardia*-Cysten. Diese Belastungen erfolgen entweder kontinuierlich durch Kläranlagenabläufe oder sporadisch durch Regenentlastungen der Kanalisation. Der Grad der Belastung hängt bei ersteren vom Ausbau- und Auslastungsgrad der Anlagen ab, bei letzteren von der Art des Bauwerks (Regenüberlauf oder Regenüberlaufbecken) und schlichtweg von der Menge der Niederschläge.

Darüber hinaus variiert der Effekt der Einleitungen entscheidend mit dem Anteil der Kläranlagen-Einleitungen an der Gesamt-Abflußmenge: Die Giardien im Unterlauf der Swist erreichen ähnliche Konzentrationen wie die Kläranlagen-Abläufe, da diese einen Großteil der Wassermenge ausmachen, wogegen die von der Kläranlage Hillesheim eingeleiteten Cysten-Konzentrationen am Pegel des Wahnbaches auf Werte nahe Null verdünnt sind.

Die Belastung der Gewässer mit *Cryptosporidium*-Oocysten wird dagegen in der vorliegenden Untersuchung durch die Kläranlagen-Einleitungen eher verdünnt; Cryptosporidien sind in den Abläufen nur sporadisch vorhanden. Solange es in der Bevölkerung nicht zu Ausbrüchen von Cryptosporidiose kommt, sind die Belastungen der Vorfluter der untersuchten Kläranlagen mit Oocysten zu vernachlässigen.

7.5 Ertüchtigung von Kläranlagen?

Vor allem die mikrobielle Reinigungsleistung der beiden Kompaktanlagen im Vergleich zu den übrigen untersuchten Kläranlagen ist aus hygienisch-mikrobiologischer Sicht unbefriedigend. Um die Effekte von Ertüchtigungsmaßnahmen an den Anlagen abschätzen zu können, wurden Überschlagsrechnungen aus den erhobenen Daten angestellt, die die Frachten und Konzentrationen im Gewässer bei gegenwärtiger Reinigung und bei einer parasitologischen bzw. bakteriologischen Null-Emission (z.B. durch Mikrofiltration) gegenüberstellen. Die Modellrechnungen gehen von den gleichen Vereinfachungen aus, wie in Tabelle 21. Die Berechnungen zeigen durchweg, daß deutliche Effekte vor allem auf die Konzentrationen der Parasitendauerformen im Gewässer zu erwarten sind. Als Beispiele sind im folgenden die Ergebnisse zum einen der Kläranlage Loch dargestellt, zum anderen eine Gesamtbetrachtung für die Probestelle P22 unterhalb der Kläranlage Heimerzheim, bei der von einer Null-Emission aller untersuchten Kläranlagen ausgegangen wurde.

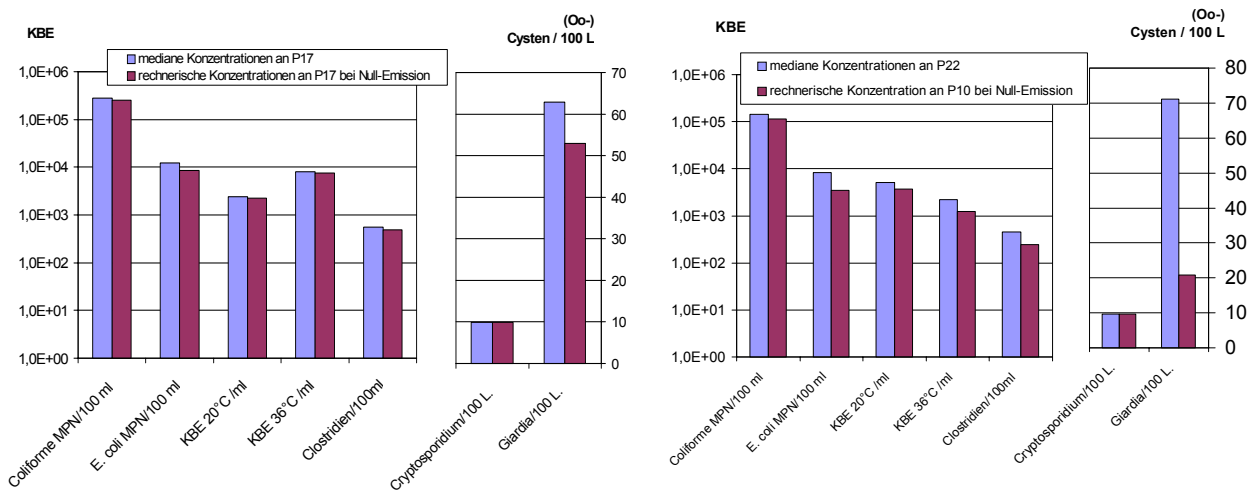


Abb. 63: Rechnerische Auswirkungen einer Null-Emission der Kläranlage Loch auf die Konzentrationen ausgewählter Organismen im Schiefelsbach

Abb. 64: Rechnerische Auswirkungen einer Null-Emission der Kläranlagen auf die mikrobiellen Verhältnisse im Unterlauf des Swistbaches

Beide Abbildungen zeigen, daß der Einsatz einer Mikrofiltration auf den Kläranlagen sich am deutlichsten im Bereich der *Giardia*-Konzentrationen auf das Gewässer auswirken würde. Die zu erwartenden Änderungen der Bakterienkonzentrationen liegen deutlich niedriger, auch wenn gezeigt werden konnte, daß die Konzentrationen vor allem fäkaler Kontaminationen im Bachverlauf, und damit mit steigendem Einfluß von Siedlungsabwässern, zunehmen.

7.6 Übertragbarkeit auf andere Einzugsgebiete

Bei der Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen Flächennutzungen in den Einzugsgebieten und den Parasitenkonzentrationen im Gewässer ist zu berücksichtigen, daß sich diese Aussagen nicht ohne Weiteres auf andere Einzugsgebiete mit ähnlichen Nutzungsstrukturen übertragen lassen: Bereits der Vergleich der hier untersuchten drei Einzugsgebiete von Trinkwassertalsperren untereinander zeigt, daß jedes Gewässersystem als Individuum zu betrachten ist. Zwar bedingen gleiche Nutzungen in verschiedenen Einzugsgebieten ähnliche Effekte, was die Kontaminationen betrifft, spätestens bei der Zusammenschau verschiedener Parameter ergeben sich aber deutliche Unterschiede, wie auch die Korrelationsanalysen oben bestätigen. Auch die Effekte von Niederschlagsereignissen sind in allen Gebieten unterschiedlich. Und schließlich, was am entscheidendsten ist, sind vor allem in den Einzugsgebieten von Kall und Wahnbach in den vergangenen Jahren große Anstrengungen unternommen worden, um z.B. Effekte durch Vieh zu minimieren (Auszäunen der Gewässerläufe, Verbot des Viehtriebs durch Gewässer etc.), die sich in Flächennutzungskartierungen nicht immer niederschlagen. Und diese Maßnahmen, die einen entscheidenden Einfluß auf die parasitologische und mikrobiologische Gewässerqualität haben, sind, auch bei ansonsten ähnlicher Flächennutzung, in anderen Gebieten nicht zu finden, wie Begehungen der Swist bestätigen.

Festzuhalten bleibt daher, daß übertragbare Aussagen derzeit nur qualitativ sein können, da Parameter mit gebietsübergreifenden quantitativen Beziehungen zu den Konzentrationen der Parasiten noch nicht identifiziert sind.

7.7 Gewässernutzungen, Risk-Assessment

Das große Problem bei der Risikobewertung der Konzentrationen von Cryptosporidien und Giardien in Oberflächengewässern ist zum einen die niedrige, aber nicht abschließend geklärte Infektionsdosis, und das Fehlen von verbindlichen rechtlichen Vorgaben in Form von Grenz- oder Richtwerten. Andererseits ist die Relevanz beider Organismen für das Auslösen nicht nur wasserbedingter Ausbrüche hinreichend belegt (Literaturstudie z.B. in [46, 66]). Nebstehende Tabelle 22 zeigt anhand einiger Probenahmestellen, daß die für *Cryptosporidium* und *Giardia* in der Literatur vorgeschlagenen "Action level" [58, 139], sowohl in Ereignisproben wie auch in Regelproben in allen Einzugsgebieten immer wieder überschritten werden. Auch wenn diese Werte für Trinkwasser vorgeschlagen wurden, zeigt der Vergleich doch, daß bei direktem intensiven Kontakt mit dem Wasser, wie ihn beispielsweise spielende Kinder haben, ein gewisses Risiko besteht.

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergibt sich für die verschiedenen angetroffenen Nutzungen in den Einzugsgebieten folgendes Bild:

Die in den Zuläufen der Trinkwassertalsperren gefundenen Konzentrationen und berechneten Frachten stellen auch unter den ungünstigsten angetroffenen Bedingungen keine Gefährdung für die jeweiligen Trinkwasserversorgungen dar, wenn man die durchschnittlichen Reduktionsleistungen von Talsperrenkörper und Aufbereitungsanlage zugrunde legt. Trotz teilweise erhöhter Parasitennachweise kann die Trinkwasseraufbereitung noch als geschützt über das Multibarrieren-Prinzip gelten.

Bei Starkregenereignissen wurden in Nauholzbach und Kall erhöhte Cryptosporidien-Konzentrationen und am Wahnbach erhöhten Giardien Konzentrationen gemessen, was für spielende /badende Kinder im Bach ein erhöhtes Risiko anzeigen könnte. Die Werte liegen zwar über den jeweiligen Action-Leveln, aber bei weitem nicht so hoch wie an der Swist in den Regelproben. Berücksichtigt man die abnehmende Attraktivität der Gewässer als Spielplatz bei Regenwetter, so bleibt eine hygienische Bedenklichkeit nur am Unterlauf der Swist, wo schon bei Trockenwetter *Giardia lamblia* durchgehend in Konzentrationen nachgewiesen wurde, die für eine Badenutzung zumindest bedenklich erscheint.

Die Nutzung des Oberflächenwassers zur Beregnung von Obst- und Sonderkulturen spielt nur an der Swist eine größere Rolle. Da die Übertragbarkeit der Parasitendauerstadien über beregnetes Obst und Gemüse mittlerweile belegt ist (s.o.) erscheint es aus medizinisch-hygiensicher Sicht nicht angebracht, Wasser mit Parasitenkonzentrationen, wie sie in der Swist regelhaft angetroffen wurden, turnusmäßig zur Beregnung von Obst einzusetzen, das unter Umständen ungewaschen gegessen wird (z.B. Erdbeeren).

Tabelle 22 : Anteil der Proben mit Überschreitungen der "Action-Level"

PN-Stelle	Probenanzahl	Überschreitungen Action-Level (%)	
		<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>
Nauholzbach Pegel (P01), Ereignisproben	7	71,4	
Nauholzbach Pegel (P01)	16	12,5	
Wahnbach Pegel (P02), Ereignisproben	14	57,1	78,6
Wahnbach Pegel (P02)	25	8	24
Entenpfuhl (P03)	5	20	20
Hoscheit (P04)	4	25	50
Bruchgraben (P05)	6		
Fischbach (P06)	6		33,3
Kall vor Paustenbach (P07)	4		25
Paustenbach (P08)	6		
Kall Pegel (P10), Ereignisproben	11	72,7	18,2
Kall Pegel (P10)	27	7,4	14,8
Domäne-Drainage (P11)	5		40
Keltzerbach (P13)	7	14,3	
Swist, oberhalb Holzweiler (P14)	4		75
Swist, oberhalb KA Flerzheim (P15)	4		25
Swist, unterhalb KA Flerzheim (P18)	4		100
Swist, unterhalb KA Miel, (P20)	4	25	100
Swist, oberhalb KA Heimerzheim (P21)	4	50	100
Swist, unterhalb KA Heimerzheim (P22)	4	50	100

7.8 Weiterer Forschungsbedarf

Vor allem im Hinblick auf die Forderung nach dem Schutz der Trinkwasserressourcen und den stärker werdenden Nutzungsdruck der Fließgewässer für Freizeitaktivitäten erscheint es dringend nötig, mehr bzw. genauere Daten über

- die Reinigungsleistung verschiedener Kläranlagentypen in Abhängigkeit vom Jahresgang der Temperatur und der Niederschläge,
- die Häufigkeiten und Abschlagsmengen von verschiedenen Regenentlastungsanlagen sowie die eingeleiteten parasitologischen Wasserqualitäten,
- das Sedimentations- und Resuspensionsverhalten der Parasitendauerstadien im Gewässer,
- Veränderungen der Vitalität und Infektiosität der Parasitendauerstadien durch längeren Aufenthalt sowohl in der fließenden Welle wie auch im Sediment der Fließgewässer,

und

- das mit bestimmten Freizeitnutzungen der Gewässer verbundene Infektionsrisiko mit *Cryptosporidium sp.* und *Giardia lamblia*

zu erheben. Entsprechende Untersuchungen könnten dazu beitragen, Ressourcen für Erweiterung oder Umbau von Kläranlagen oder Regenentlastungen effizienter einzusetzen, und Nutzungsvorschläge oder -Verbote auf der Basis einer konkreten Risiko-Abschätzung vornehmen zu können.

8 Zusammenfassung

Um die Abhängigkeit der Konzentrationen von *Cryptosporidium sp.* und *Giardia lamblia* in Fließgewässern darstellen zu können, wurden im Zeitraum zwischen Januar 1997 und Oktober 2000 vier Einzugsgebiete mit unterschiedlicher Nutzungsstruktur untersucht. Es wurden nach einem festen Zeitplan Wasserproben in den Fließgewässern und an diversen Kläranlagen- und Abläufen genommen. Darüber hinaus wurden in drei Untersuchungsgebieten Pegelmeßstellen bei Erreichen vorher definierter Hochwasserzustände durch Starkregen mehrfach in kurzem zeitlichen Abstand beprobt.

Die Nutzung der Einzugsgebiete unterscheidet sich folgendermaßen: Der Nauholzbach fließt in einem Einzugsgebiet, das fast ausschließlich unter Wald liegt. Landwirtschaft und Siedlungstätigkeit spielen keine Rolle. Das Wasser fließt in eine Trinkwassertalsperre. Die Einzugsgebiete von Kall und Wahnbach werden überwiegend landwirtschaftlich als Grünland genutzt. Ackerbau kommt untergeordnet vor, der Waldanteil beträgt etwa 1/4, der Siedlungsflächenanteil ca. 1/7 der Fläche. Die Kall empfängt im Gegensatz zum Wahnbach keine Einleitungen aus Kläranlagen; einzelne Regenentlastungen der Kanalisation existieren in beiden Gebieten. Im Einzugsgebiet der Swist überwiegt ackerbauliche Nutzung der Flächen bei etwa gleichem Wald- und Siedlungsflächenanteil wie in den beiden vorgenannten; Grünlandnutzung findet sich fast nur an den Oberläufen. Zusätzliche Belastungen entstehen hier durch Einleitungen aus acht Kläranlagen und über 30 Regenentlastungsbauwerke.

An allen regelmäßig beprobten Meßstellen in den Gewässern konnten beide Parasiten mindestens einmal nachgewiesen werden. Hinsichtlich Konzentration und Nachweishäufigkeit ergaben sich für die beiden Organismen unterschiedliche Verteilungen. Bereits in den Regelproben zeigt sich eine deutliche Zunahme der *Giardia*-Belastungen mit zunehmendem Abwassereinfluß. Nachweishäufigkeit und maximal gemessene Konzentration der Cryptosporidien nahmen mit steigender landwirtschaftlicher Nutzung der Flächen ebenfalls zu. Ersatunlich war der regelmäßige Nachweis beider Parasitendauerformen auch in dem als unbelastet eingestuftem Einzugsgebiet des Nauholzbaches. Besonders deutlich wurden die Unterschiede zwischen den Einzugsgebieten durch die Ergebnisse der Untersuchungen nach Starkregen: Steigende Weidenutzung im Einzugsgebiet führte zu größeren Mengen Organismen, die durch oberflächlichen Abfluß in die Gewässer getragen werden konnten. Es konnte so gezeigt werden, daß erst Untersuchungen nach Starkregen das gesamte Potential des Parasiteneintrags offenbaren können.

Die Untersuchungen der Kläranlagenzuläufe ergaben eine stark schwankende, hohe Belastung mit Giardien; Cryptosporidien wurden seltener und immer in niedrigeren Konzentrationen nachgewiesen. Spezifische Unterschiede der parasitologischen Qualität der Zuläufe je nach entwässertem Siedlungsgebiet konnten nicht festgestellt werden. Die parasitologische Reinigungsleistung der Anlagen hing sowohl vom Ausbau- wie auch vom Auslastungsgrad der Anlagen ab und schwankte im Median für Giardien zwischen 0,8 und 3,5 log-Stufen. Die Bestimmung der Reinigungsleistung bezogen auf Cryptosporidien konnte nicht gesichert werden, da zuwenige Zulaufnachweise vorlagen. Die höchste Reinigungsleistung ergab sich in den Kläranlagen mit nachgeschalteter Sandfiltration, die niedrigste in kleinen Kompaktanlagen ohne Vorklärung.

Die vorgelegten Untersuchungsergebnisse zeigen, daß sowohl mit steigender landwirtschaftlicher Nutzung, als auch durch Nutzung als Vorfluter für gereinigte Abwässer die Parasitenbelastung zunimmt. Es konnte außerdem gezeigt werden, daß gerade für die Abschätzung gesundheitlicher Risiken bestimmter Nutzungen des Gewässers die Berücksichtigung der Verhältnisse bei Starkregen von großer Bedeutung ist, da aufgrund des erhöhten Abflusses ein bedeutender Teil der Jahresfracht während dieser Zeiten transportiert wird.

Die Berechnung von Korrelationen der Parasitenkonzentrationen mit anderen mikrobiologischen und physikalisch-chemischen Parametern ergab keine für alle Einzugsgebiete gültige Beziehung. Die -teilweise hochsignifikanten- Rangkorrelationen waren nie auf andere Probenahmestellen übertragbar.

Da rechtlich verbindliche Grenz- oder Richtwerte für Parasitendauerstadien sowohl in Oberflächengewässern wie auch in Abwasser (noch) nicht existieren, sind Bewertungen der parasitologischen Befunde bisher nur anhand epidemiologisch abgeleiteter Empfehlungen und Risikoabschätzungen möglich. Diesen Empfehlungen folgend sind die derzeit offiziell stattfindenden bzw. am Gewässer beobachteten Nutzungen an den drei Tal-sperrenzuläufen nicht mit einem erhöhten Gesundheitsrisiko verbunden. An der Swist ergaben sich Hinweise für mögliche parasitologische Gesundheitsrisiken für im Wasser badende Kinder; Gesundheitsgefahren durch das Beregnen von Obst- und Gemüsekulturen mit Swistwasser wurden auf der Basis entsprechender Hinweise diskutiert.

Abschließend läßt sich festhalten, daß die vorgelegten Untersuchungen Einflüsse der Flächennutzungen im Einzugsgebiet auf die parasitologische Gewässerqualität zeigen, und daß sowohl diese, wie auch sich akkumulierende Vorfluter-Funktionen der Gewässer zu hygienisch-medizinischen Einschränkungen der Nutzbarkeit im Unterlauf führen können.

9 Literatur

- 1 Ahmad, R.A., Lee, E., Tan, I.T.L. und Mohamad-Kamel, A.G. (1997): Occurrence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts in raw and treated water from two water treatment plants in Selangor, Malaysia. *Wat Res*, **31**(12): S. 3132-3136.
- 2 Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA, Rd. Erl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen v. 14.5.1991). (1991): LWA-Merkblätter, Hrsg.: Landesamt für Wasser und Abfall NW. Bd. 7. Düsseldorf. 39.
- 3 Ashbolt, N. J., Roser, D., Leeming, R., Stevens, M., Laver, P., Magyar, C., Wade, A., Grooby, W. und Steffensen, D. (2002): Dry weather quality of protected versus developed surface water catchments - pathogen data and management. Tagungsbeitrag bei: Third world water congress (IWA), Melbourne
- 4 Atherholt, T.B., LeChevallier, M. W., Norton, W. D. und Rosen, J.S. (1998): Effect of rainfall on Giardia and crypto. *JAWWA*, **90**(9): S. 66-80.
- 5 Bahrenberg, G., Giese, E. und Nipper, J. (1990): Statistische Methoden in der Geographie 1. Stuttgart.
- 6 Becker, A. (1991): Der Siegerländer Hauberg: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft einer Waldwirtschaftsform. Verl. die Wielandschmiede Kreuztal.
- 7 Becker, G., Mayr, A. und Temnitz, K. (1989): Sauerland - Siegerland - Wittgensteiner Land: Jahrestagung der Geographischen Kommission für Westfalen in Olpe 1989. Spicker Landeskundliche Beiträge und Berichte, **33**.
- 8 Bever, J., Stein, A. und Teichmann, H. (1995): Weitergehende Abwasserreinigung. München.
- 9 Bischoff, K. und Feuerpfeil, I. (2001): Belastungen von Trinkwassertalsperren und ihrem Einzugsgebiet mit Parasiten (Cryptosporidium-Oocysten und Giardia-Cysten) und ausgewählten potentiell pathogenen Bakterien als hygienisches Risiko bei der Trinkwasseraufbereitung. *Umweltmedizinischer Informationsdienst*,(1): S. 3-11.
- 10 Björnson (1998): Landwirtschaft Kalttalsperre - Teil 1. Gutachten im Auftrag der Landwirtschaftskammer Rheinland, Bezirksstelle Aachen.
- 11 Briese, D. (1984): Nutzungskonflikte und ihre Regelung in Einzugsgebieten von Trinkwassertalsperren unter besonderer Berücksichtigung des Wegenetzes - Dargestellt an ausgewählten Trinkwassertalsperren. Diss. an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen.
- 12 Büdel, J. (1969): Der Eisrindeneffekt als Motor der Tiefenerosion in der exzessiven Talbildungszone. *Würzb. Geogr. Arb.*, **25**: S. 1-41.
- 13 Calderon, R., Mood, E.W. und Dufour, P. (1991): Health effects of swimmers and non-point sources of contaminated water. *J. Env. Health Research*, **1**: S. 21-31.
- 14 Carraro, E., Fea, E., Salva, S. und Gilli, G. (2000): Impact of a wastewater treatment plant on Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts occurring in a surface water. *Wat. Sci. Tech.*, **41**(7): S. 31-37.
- 15 Casson, L.W., Sorber, C.A., Sykora, J.L., Gavaghan, P.D., Shapiro, M.A. und Jakubowski, W. (1990): Giardia in wastewater - Effect of treatment. *Journal of the Water Pollution Control federation*, **62**: S. 670-675.
- 16 Chauret, C., Armstrong, N., Fisher, J., Sharma, R., Springthorpe, S. und Sattar, S. (1995): Correlating Cryptosporidium and Giardia with microbial indicators. *JAWWA*, **87**(11): S. 76-84.
- 17 Chauret, C., Nolan, K., Chen, P., Springthorpe, S. und Sattar, S. (1998): Aging of Cryptosporidium parvum oocysts in river water and their susceptibility to disinfection by chlorine and monochloramine. *Can J Microbiol*, **44**(12): S. 1154-60.
- 18 Cryptosporidium in water supplies (1990). London, Report of the Group of experts.
- 19 Cryptosporidium in water supplies - A review of current knowledge (2001). *Reviews of Current Knowledge*, Hrsg. research, Foundation of water. Buck: Ainsworth, R.G.
- 20 Current, W.L. und Garcia, L.S. (1991): Cryptosporidiosis. *Clin. Microbiol. Rev.*, **4**: S. 325-358.
- 21 Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B. und Lele, S. (2001): The Association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of public health*, **91**(8): S. 1194-1199.

- 22 Davies, R. B. und Hibler, C. P. (1979): Animal reservoirs and cross-species transmission of *Giardia*, in: *Waterborne Transmission of Giardiasis - Report EPA-600/9-79-001*, Jakubowski, W. und Hoff, J. C. (Hrsg.), U.S. EPA: Cincinnati, Ohio. S. 104-126.
- 23 Deißmann, G. (1996): Verteilung und Herkunft von Schwermetallen in Waldböden der Nordeifel. *Aachener Geowissenschaftliche Beiträge*, **18**.
- 24 DeRegnier, D. P., Cole, L., Schupp, D. G. und Erlandsen, S. L. (1989). Viability of *Giardia* cysts suspended in lake, river, and tap water. *Appl Environ Microbiol.* 55: 1223-1229.
- 25 Edwards, D.D. (1993): Troubled waters in Milwaukee. *ASM News*, **59**: S. 342-345.
- 26 Eichenauer, H., Mayr, A. und Temnitz, K. (1995): Städte und Gemeinden in Westfalen: Der Kreis Siegen-Wittgenstein. Münster.
- 27 Einleitung von Kläranlagenabläufen in kleine Fließgewässer: Bewertung der Ablaufqualität nach der EG-Badegewässer-Richtlinie (2000). Mülheim an der Ruhr, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung: 127.
- 28 Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen (1999). 8. Ausg, Hrsg. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen und Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf. 213.
- 29 Erftverband (Hrsg.) (1996): Jahresbericht 1996.
- 30 Erftverband (Hrsg.) (1998): Gruppenklärwerk Flerzheim. Bergheim.
- 31 Erftverband (Hrsg.) (o.J.): Gewässerauenprogramm NRW - Swist -Teil1: Wasserwirtschaft und Ökologie - Kurzfassung. Bergheim.
- 32 Exner, M. und Gornik, V. (1990): Cryptosporidiosis - Charakterisierung einer neuen Infektion mit besonderer Berücksichtigung des Wassers als Infektionsquelle. *Zbl. Hyg.*, **190**: S. 13-25.
- 33 Exner, M. und Gornik, V. (1995): Kryptosporidiose, in: *Infektiologie*, 15. Erg.-Lieferg., Hofmann, F. (Hrsg.): Landsberg.
- 34 Exner, M. und Gornik, V. (1997): Cryptosporidiosis. *Bundesgesundheitsblatt*, **12/97**: S. 475-484.
- 35 Exner, M., Gornik, V. und Kistemann, T. (2001): Charakterisierung, Risikoeinschätzung und Prävention wasserassoziierter Parasitosen. *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz*, **44**: S. 358-363.
- 36 Fayer, R. und Ungar, B.L.P. (1986): *Cryptosporidium* spp. and cryptosporidiosis. *Microbiological Reviews*, **50**: S. 458-483.
- 37 Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. und Duncan Mara, D. (1983): Sanitation and Disease - Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. *WORLD BANK STUDIES IN WATER SUPPLY AND SANITATION*. Bd. 3. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: World Bank.
- 38 Ferguson, C.M., Coote, B.G., Ashbolt, N.J. und Stevenson, I.M. (1996): Relationships between indicators, pathogens and water quality in an estuarine system. *Wat Res*, **30(9)**: S. 2045-2054.
- 39 Finch, G.R. und Belosevic, M. (2002): Controlling *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in drinking water by microbial reduction processes. *J. Environ. Eng. Sci.*, **1**: S. 17-31.
- 40 Fischer, M. (1982): Abflußmessungen mit Tracern nach dem Verdünnungsverfahren. *Beiträge zur Geologie der Schweiz-Hydrologie*, **28**: S. 447-458.
- 41 Fox, K. R. und A., Lytle D. (1996): Milwaukee's crypto outbreak: investigation and recommendations. *JAWWA*, **88**: S. 87-94.
- 42 Franke, P. und Frey, W. (1987): Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin.
- 43 Furtado, C., Adak, G.K., Stuart, J.M., Wall, P.G., Evans, H.S. und Casemore, D.P. (1998): Outbreaks of waterborne infectious intestinal disease in England and Wales 1992-5. *Epidemiol Infect*, **121**: S. 109-119.
- 44 Galunder, R. (1994): Untersuchungen zur Dorfflora und Dorfvegetation im südlichen Bergischen Land. *Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde*, **65**: S. 4-19.
- 45 Bundesrepublik Deutschland (Stand 08/2002): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz).

- 46 Giardia: Human health criteria document (1998). Environmental Protection Agency: 292.
- 47 Gibson, C.J., Haas, C. N. und Rose, J. B. (1998): Risk assessment of waterborne protozoa: current status and future trends. *Parasitology*, **117**: S. 205-212.
- 48 Gibson III, C.J., Stadterman, K.L., States, S. und Sykora, J. (1998): Combined sewer overflows: A source of *Cryptosporidium* and *Giardia*? *Wat. Sci. Tech.*, **38**(12): S. 67-72.
- 49 Gilmour, R.A., Smith, H.V., Smith, P.G., Morris, G.P. und Girdwood, R.W.A. (1991): The occurrence and viability of *Giardia* SPP. Cysts in UK waters. *Water Sci Technol*, **24**(2): S. 179-182.
- 50 Glaus, H. und Heinemeyer, E. A. (1994): The elimination of *Salmonella typhimurium* in coastal waters with various levels of microbiologically hygienic contamination. *Zentralbl Hyg Umweltmed*, **196**(4): S. 312-26.
- 51 Glicker, J.L. und Edwards, R.A. (1991): Giardiasis risk from an unfiltered, protected surface water source. *JAWWA*, **83**(11): S. 46-51.
- 52 Gornik, V., Behringer, K., Kölb, B. und Exner, M. (2001): Erster Giardiasisausbruch im Zusammenhang mit kontaminiertem Trinkwasser in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz*, **44**: S. 351-357.
- 53 Gornik, V. und Exner, M. (1991): Nachweismethode und Vorkommen von *Cryptosporidium* sp. in ausgewählten Oberflächenwässern. *Zbl. Hyg.*, **192**: S. 124-133.
- 54 Graw, M. und Borchardt, D. (1995): Hygienerelevante Belastungen von Fließgewässern - Bewertung und Sanierungsmöglichkeiten am Beispiel Lahn. *gwf Wasser Abwasser*, **136**(11): S. 567-571.
- 55 Grebe, W. (o. J.): Obernau-Talsperre (Broschüre zur Einweihung der Talsperre).
- 56 Grimason, A.M., Wiandt, S., Baleux, B., Thitai, W.N., Bontoux, J. und Smith, H.V. (1996). Occurrence and removal of *Giardia* sp. cysts in Kenyan and French waste stabilisation pond systems. *Wat Sci Tech*. **33**: 83-89.
- 57 Gropp, J. (1992): Ernährungsphysiologische Voraussetzungen für vorfluterentlastende Futterrationen. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes E.V.*, **56**: S. 27-38.
- 58 Haas, C.N. und Rose, J.B. (1995): Developing an action level for *Cryptosporidium*. *JAWWA*, **87**(9): S. 81-84.
- 59 Hansen, J. S. und Ongerth, J. E. (1991): Effects of time and watershed characteristics on the concentration of *Cryptosporidium* oocysts in river water. *Appl Environ Microbiol*, **57**(10): S. 2790-2795.
- 60 Hansen, P.D. (1990): Abwasser aus der Fischintensivhaltung - 7A WHG 29. VWV - Wasserqualitätsziele für die Berufs- und Sportfischerei. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes E. V.*, **50**: S. 44-59.
- 61 Hausmann, K. (1985): Protozoologie. Stuttgart.
- 62 Herzog, W. und Troll, C. (1968): Die Landnutzungskarte Nordrhein 1 :100.000, Blatt 1: Köln-Bonn, in: *Arbeiten zur rheinischen Landeskunde*, 28.
- 63 Hiersekorn, Alfred (1989): Waldgeschichte der Nordeifel, in: *Mitteilungen und Berichte der Höheren Forstbehörde Rheinland*, 6: Bonn.
- 64 Hirata, T. und Hashimoto, A. (1997): A field survey on occurrence of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in sewage treatment plants. Tagungsbeitrag bei: *International Symposium on Waterborne Cryptosporidium*
- 65 HMSO (1989): Isolation and identification of *Giardia* cysts, *Cryptosporidium* oocysts and free living pathogenic Amoebae in water etc.
- 66 Hoornstra, E. und Hartog, B. (2003): A quantitative risk assessment on *Cryptosporidium* in food and water. Tagungsbeitrag bei: *Cryptosporidium parvum* in Food and Water, Dublin.
<http://www.teagasc.ie/publications/2003/cryptoparvumconf/>
- 67 Hosang, W. und Bischof, W. (1998): *Abwassertechnik*. Stuttgart, Leipzig.
- 68 Hsu, B. M., Huang, C. und Hsu, C. L. (2001): Analysis for *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in water samples from small water systems in Taiwan. *Parasitol Res*, **87**(2): S. 163-8.
- 69 Hsu, B. M., Huang, C., Jiang, G. Y. und Hsu, C. L. (1999): The prevalence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in Taiwan water supplies. *J Toxicol Environ Health A*, **57**(3): S. 149-60.

- 70 ICAIR Life Systems Inc. (Hrsg.) (1984): Criteria Document on Giardia. U.S. EPA: Washington, DC.
- 71 Ionas, G., Learmonth, J.J., Keys, E.A. und Brown, T.J. (1998): Distribution of Giardia and Cryptosporidium in natural water systems in New Zealand - a nationwide survey. *Water Science Technology*, **38**(12): S. 57-60.
- 72 Jahn, G. (1972): Forstliche Wuchsraumgliederung und waldbauliche Rahmenplanung in der Nordeifel. *Dissertationes Botanicae*. Bd. 16. Berlin, Stuttgart.
- 73 Karanis, P. et al. (1994): Zirkulation von Giardien und Cryptosporidien in der Umwelt. Tagungsbeitrag bei: 13. Wiss. Tagung der Dtsch. Gesellschaft für Protozoologie, 9.-12. März 1994, Norderney
- 74 Karanis, P., Schoenen, D., Maier, W.A. und Seitz, H. (1993): Trinkwasser und Parasiten. *Immun. und Infekt.*, **21**: S. 132-136.
- 75 Karanis, P. und Seitz, H. (1996): Vorkommen und Verbreitung von Giardia und Cryptosporidium im Roh- und Trinkwasser von Oberflächenwasserwerken. *gwf Wasser Abwasser*, **137**(2): S. 94-99.
- 76 Kfir, R., Hiler, C., du Preez, M. und Bateman, B. (1995): Studies on the prevalence of Giardia Cysts and Cryptosporidium Oocysts in South African water. *Water Sci Technol*, **31**(5-6): S. 435-438.
- 77 Kiemstedt, H., Trommsdorff, U. und Wirz, St. (1982): Gutachten zur Umweltverträglichkeit der Bundesautobahn 4.
- 78 Kim, J.-W. (1989): Funktionale Fluvialmorphologie der Kall, in: Aachener Geographische Arbeiten, H. 21, Ahnert, F. u.a. (Hrsg.): Aachen.
- 79 Kistemann, T., Classen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R., Gebel, J., Vacata, V. und Exner, M. (2002): Microbial Load of Drinking Water Reservoir Tributaries during Extreme Rainfall and Runoff. *Appl Environ Microbiol*, **68**(5): S. 2188-2197.
- 80 Kramer, M., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L. und Juranek, D.D. (1996): Surveillance for waterborne disease-outbreaks - United States 1993-94. *MMWR*, **45**(SS-1): S. 40.
- 81 Kuczynska, E. und Shelton, D.R. (1999): Method for detection and enumeration of Cryptosporidium parvum in feces, manures and soils. *Appl. Env. Microbiol.*, **64**(7): S. 2820-2826.
- 82 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (1990): Limnologie und Bedeutung ausgewählter Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden.
- 83 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1996): Gewässergütebericht '93/'94. Essen.
- 84 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (1997): Gewässergütebericht '96 - Auswertung des Trendmeßprogramms 1990 - 1995. Essen.
- 85 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1997): Überwachung von Oberflächengewässern in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- 86 Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe (1988): Strukturgutachten über die Land- und Forstwirtschaft im Kreis Siegen-Wittgenstein. Münster.
- 87 LeChevallier, M. W. und Norton, W. D. (1995): Giardia and Cryptosporidium in raw and finished water. *JAWWA*, **87**(9): S. 54-67.
- 88 LeChevallier, M. W., Norton, W. D. und Atherholt, T.B. (1997): Protozoa in open reservoirs. *JAWWA*, **89**(9): S. 84-96.
- 89 LeChevallier, M. W., Norton, W. D. und Lee, R. G. (1991): Occurrence of Giardia and Cryptosporidium spp. in filtered drinking water supplies. *Appl Environ Microbiol*, **57**(9): S. 2617-2621.
- 90 LeChevallier, M. W., Norton, W. D. und Lee, R. G. (1991): Occurrence of Giardia and Cryptosporidium spp. in surface water supplies. *Appl Environ Microbiol*, **57**(9): S. 2610-2616.
- 91 Leland, D. et al. (1993): A Cryptosporidiosis Outbreak in a filtered water supply. *JAWWA*, **85**: S. 34-42.
- 92 Lisle, J.T. und Rose, J.B. (1995): Cryptosporidium contamination of waters in the USA and UK: a mini-review. *J. Water SRT-Aqua Vol.*, **44**(3): S. 103-117.
- 93 López-Pila, J.M. und Szewzyk, R. (1998): Wege zu einer rationalen Ableitung von mikrobiologischen Grenzwerten in Badegewässern. *Bundesgesundheitsblatt*, **41**: S. 194-203.
- 94 MacKenzie, W.R., Hoxie, N.J., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, J.J., Addiss, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B. und Davis, J.P. (1994): A massive outbreak in Milwaukee

- kee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New Engl. J. Med.*, **331**(3): S. 161-167.
- 95 Madore, M. S., Rose, J. B., Gerba, C. P., Arrowood, M. J. und Sterling, C. R. (1987): Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts in sewage effluents and selected surface waters. *J Parasitol*, **73**(4): S. 702-5.
- 96 Mayer, C.L. und Palmer, C.J (1996): Evaluation of PCR, Nested PCR and Fluorescent Antibodies for Detection of *Cryptosporidium* Species and *Giardia* Species in Wastewater. *Appl. Env. Microbiol.*, **62**(6): S. 2081-2085.
- 97 Medema, G.J., Asperen, I.A. van. und Havelaar, A.H. (1997): Assessment of the Exposure of Swimmers to Microbiological Contaminants in Fresh Waters. *Water Science and Technology*, **35**: S. 157-163.
- 98 Medema, G.J., Schets, F.M., Teunis, P.F.M. und Havelaar, A.H. (1998): Sedimentation of free and attached *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in water. *Appl. Env. Microbiol.*, **64**(11): S. 4460-4466.
- 99 Meinhardt, P., Casemore, D. und Miller, K. (1996): Epidemiological aspects of human cryptosporidiosis and the role of waterborne transmission. *Epidemiol Rev.*, **18**(2): S. 118-136.
- 100 Meyer, E. A. und Radulescu, S. (1980): *Giardia* and giardiasis. *Advances in Parasitology*, **17**: S. 1-47.
- 101 Meynen, E., Schmithüsen, J., Gellert, J., Neef, E., Müller-Niny, H. und Schultze, J.H. (Hrsg.) (1959-1962): *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bd. II. Bonn.
- 102 MUNLV (2000): *Gewässergütebericht 2000 - Sonderbericht- 30 Jahre Biologische Gewässerüberwachung in Nordrhein-Westfalen*, Hrsg. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen und Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. Essen.
- 103 Nicke, H. (1979): Reliefgenerationen im südlichen Bergischen Land zwischen Wupper und Sieg. *Decheniana*, **134**: S. 302-310.
- 104 Ockert, G. (1996): *Giardiasis / Lambliasis*, in: *Infektiologie*, 19. Erg.-Lieferg., F., Hofmann (Hrsg.): Landsberg.
- 105 Ong, C., Moorehead, W., Ross, A. und Isaac-Renton, J. (1996): Studies of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in two adjacent watersheds. *Appl. Env. Microbiol.*, **62**(8): S. 2798-2805.
- 106 Ongerth, J. E. und Stibbs, H. H. (1987): Identification of *Cryptosporidium* oocysts in river water. *Appl Environ Microbiol*, **53**(4): S. 672-676.
- 107 Payment, P., Berte, A., Prevost, M., Menard, B. und Barbeau, B. (2000): Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Can J Microbiol*, **46**(6): S. 565-76.
- 108 Payment, P. und Franco, E. (1993): *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. *Appl Environ Microbiol*, **59**(8): S. 2418-24124.
- 109 Popp, W. (2000): Ursachen bakteriologischer Belastung von Seen. *Münchener Beiträge zur Abwasser*, **53**: S. 483-498.
- 110 Popp, W., Baumann, M. und Möller de Vargas, D. (1993): Bewertungsschema zur bakteriologisch-hygienischen Beurteilung der Wasserqualität von Fließgewässern anhand von Fäkalindikatorbakterien als Ergänzung zur biologischen Gewässergütebeurteilung. *Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie*, **47**: S. 1-10.
- 111 Porter, J.D., Ragazzoni, H.P., Buchanon, J.D., Waskin, H.A., Juranek, D.D. und Parkin, W.E. (1998): *Giardia* transmission in a swimming pool. *American Journal of public health*, **78**(6): S. 659-662.
- 112 Richter, D. (1985): Aachen und seine Umgebung, in: *Sammlung Geologischer Führer*, 48, Gwinner, M. (Hrsg.): Berlin, Stuttgart.
- 113 (1998): Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- 114 Rat der Europäischen Gemeinschaft (1976): Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft über die Qualität der Badegewässer vom 5.2.76. 76/160/EWG

- 115 Roach, P. D., Olson, M. E., Whitley, G. und Wallis, P. M. (1993): Waterborne Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts in the Yukon, Canada. *Appl Environ Microbiol*, **59**(1): S. 67-73.
- 116 Robertson, C.J., Smith, H.V. und Ongerth, J. E. (1994): Cryptosporidium and Cryptosporidiosis Part III: Development of Water Treatment Technologies to remove and inactivate Oocysts. *Microbiology Europe*, **3**: S. 18-26.
- 117 Robertson, L. J. und Gjerde, B. (2001): Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in raw waters in Norway. *Scand J Public Health*, **29**: S. 200-207.
- 118 Robertson, L. J. und Gjerde, B. (2001): Occurrence of parasites on fruits and vegetables in Norway. *J Food Prot*, **64**(11): S. 1793-8.
- 119 Robertson, L.J., Campbell, A.T. und Smith, H.V. (1992): Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures. *Appl. Env. Microbiol.*, **58**: S. 3494-3500.
- 120 Rose, J. B., Haas, Ch. und Regli, S. (1991): Risk Assessment an Control of waterborne Giardiasis. *Am. J. Publ. Health.*, **81**: S. 709-713.
- 121 Rose, J.B. (1993): Enteric Waterborne Protozoa: Hazard and Exposure Assessment, in: *Safety of Water Disinfection*, Craun, C.F. (Hrsg.): Washington. S. 115-116.
- 122 Rose, J.B. und Botzenhart, K. (1990): *Cryptosporidium* und *Giardia* im Wasser - Nachweisverfahren, Häufigkeit und Bedeutung als Krankheitserreger. *gwf Wasser Abwasser*, **131**(10): S. 563-572.
- 123 Rose, J.B., Dickson, L.J., Farrah, S.R. und Carnahan, R.P (1996): Removal of pathogenic and indicator microorganisms by a full-scale water reclamation facility. *Water Res.*, **30**: S. 2785-2797.
- 124 Sachs, L. (1997): *Angewandte Statistik*. Heidelberg.
- 125 Sawcer, K.E., Bodley-Tickell, A.T., Kitchen, S.E., Sturdee, A.P. und Thorpe, G.H.G. (2000): Enhanced Chemiluminescence cannot predict the presence of *Cryptosporidium parvum* when applied to water-quality monitoring in an agricultural environment. *water environment research*, **72**(1): S. 22-28.
- 126 Schulte-Wülwer-Leidig, A. (1985): Der Einfluß unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die Stofffrachten kleiner Wasserläufe der Wahnbachtalsperrenregion unter Berücksichtigung differierender vegetationskundlicher Verhältnisse in den untersuchten Einzugsgebieten. Diss. an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen.
- 127 Schulze, E. (Hrsg.) (1996): *Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen. Methoden der biologischen Wasseruntersuchung 1*. Jena.
- 128 Schütt, B. (1993): Der Stoffhaushalt der Kall/Nordeifel - Untersuchungen zum Wasserhaushalt, Schwebstoffhaushalt und Haushalt gelöster Stoffe in einem Flußeinzugsgebiet auf silikatischen Gesteinen. *Aachener Geographische Arbeiten*, **27**.
- 129 Siemens, G. von (1948): *Agrarlandschaft des südlichen Bergischen Landes*. Diss. an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Bonn.
- 130 Slifko, T. R., Smith, H. V. und Rose, J. B. (2000): Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *Int J Parasitol*, **30**(12-13): S. 1379-1393.
- 131 Sorvillo, F.J., Fujioka, K., Nahlen, B., Tormey, M.P., Kebabjian, R. und Mascola, L. (1992). Swimming-associated cryptosporidiosis. *American Journal of public health*. **82**: 742-744.
- 132 Stadterman, K.L., Sninsky, A.M., Sykora, J.L. und Jakubowski, W. (1995): Removal and inactivation of cryptosporidium oocysts by activated sludge treatment and anaerobic digestion. *Water Science and Technology*, **31**(5-6): S. 97-104.
- 133 *Strukturatlas Rhein Regio* (1996), Hrsg. Vereinigung von Wirtschaftskammern zur Förderung der Region Köln/Bonn.
- 134 Tagliareni, F. und Ecker, C. (1997): Mikrobielle Reinigungsleistung und Reduktion von Parasiten in einer mechanisch/biologischen Kläranlage und einer Teichkläranlage. *gwf Wasser Abwasser*, **138**(5): S. 255-259.
- 135 Thurman, R., Faulkner, B., Veal, D., Cramer, G. und Meiklejohn, M. (1998): Water quality in rural Australia. *J Appl Microbiol*, **84**(4): S. 627-632.
- 136 Ungar, B. L. P. (1995): *Cryptosporidium*, in: Mandell, Douglas, and Bennett's principles and practice of infectious diseases, Mandell, G.L., Bennett, J.E. und Dolin, R. (Hrsg.), Churchill Livingstone: New York. S. 2500-2510.

- 137 Untersuchungen zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern - Entwurf eines Kartier- und Bewertungsschlüssels für die Vegetation in und an Fließgewässern Nordrhein-Westfalens (aquatischer, amphibischer und terrestrischer Bereich). (1990). Auftraggeber: Landesamt für Wasser und Abfall in NRW: Essen.
- 138 Wagner, C. und Kimmig, P. (1992): *Cryptosporidium parvum* und *Giardia lamblia* - Vorkommen in Oberflächen- und Trinkwasser - Bedeutung und Nachweisverfahren. *Gesundh.-Wes.*, **54**: S. 662-665.
- 139 Wallis, P.M., Erlandsen, S.L., Isaac-Renton, J.L., Olson, M.E., Robertson, W.J. und van Keulen, H. (1996): Prevalence of *Giardia* Cysts and *Cryptosporidium* Oocysts and Characterization of *Giardia* spp. isolated from Drinking Water in Canada. *Appl. Env. Microbiol.*, **62**(8): S. 2789-2797.
- 140 (1989): Wasserschutzgebietsverordnung Oberrautalsperre.
- 141 Wasserverband Rhein-Sieg-Kreis (o. J.): Die naturnahe Entwicklung des Wahnbachs - Die Natur hilft mit.
- 142 WHO (Hrsg.) (1993): Guidelines for drinking-water quality. 2. Ausg. Bd. 1, Recommendations. Geneva.
- 143 WHO (Hrsg.) (1996): Guidelines for drinking-water quality. 2. Ausg. Bd. 2. Geneva.
- 144 WHO (Hrsg.) (2003): Guidelines for drinking-water quality - Addendum: Microbiological agents in drinking water. 2. Ausg.: Geneva.
- 145 WHO (Hrsg.) (o.J.): Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. Geneva.
- 146 Zuckermann, U., Gold, D., Shelef, G. und Armon, R. (1997): The presence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in surface waters and effluents in Israel. *Wat Sci Tech*, **35**(11-12): S. 381-384.
- 147 Zumbroich, Th., Müller, A. und Friedrich, G. (Hrsg.) (1999): Strukturgüte von Fließgewässern. Grundlagen und Kartierung. Springer: **Berlin**.

9 Datenanhang

Vor-Ort-Parameter Routineproben Gewässer und Kläranlagen	1-14
Vor-Ort-Parameter Ereignisproben Gewässer und Regenüberlaufbecken	15-16
Mikrobiologische / Parasitologische Parameter Routineproben Gewässer und Kläranlagen	17-30
Mikrobiologische / Parasitologische Parameter Ereignisproben Gewässer und Regenüberlaufbecken	31-32
Chemisch-physikalische Parameter Routineproben Gewässer und Kläranlagen	33-46
Chemisch-physikalische Parameter Ereignisproben Gewässer und Regenüberlaufbecken	47-48

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 1

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
Nauholzbach Pegel (P01)														
20.01.1997	11:05:00	bedeckt, neblig	3	2,1	7,1	1,38			o. B.	o. B.	500			
17.02.1997	10:45:00	bedeckt, leichter Schneefall	2,1	3,5	6,9	2,6			o. B.	o. B.	500	24,00		
03.03.1997	08:15:00	bedeckt, trocken	4,2	5,7	6,92	2,42	7,6		o. B.	o. B.	500			
01.04.1997	08:10:00	wolkig, dann heiter	7,1	6,9	7,18	0,88	82		o. B.	o. B.	500	18,00	0,50	
30.04.1997	08:10:00	bedeckt, trocken, später heiter	7,1	6,9	7,18	1,48			o. B.	o. B.	500	17,00	0,50	
26.05.1997	08:30:00	klar, sonnig	7,2	6,5	7,78	0,86			o. B.	o. B.	500	14,00	0,42	
23.06.1997	08:30:00	kräftige Schauer (s. Protokoll)	10,3	10,2	7,28	1,05			o.B.	o. B.	500	8,00	0,20	
07.07.1997	08:30:00	bedeckt, Nieselregen	18	9,7	7,1	0,75			o. B.	o. b.	500	12,00	0,43	
04.08.1997	08:15:00	bewölkt, trocken	16	12,8	7,7	0,42			o. B.	o. B.	500	7,50	0,20	
02.09.1997	08:15:00	bedeckt, später regnerisch	15	14,6	7,33	0,5			o. B.	o. B.	500	5,00	nicht zu messen	
29.09.1997	08:20:00	heiter	6,7	8,8	7,31	0,44			o. b.	o. B.	500	4,20	0,03	
13.10.1997	08:05:00	bedeckt, Regenschauer	5,7	8,3	7,16	0,75			klar	o. B.	500	12,00	0,45	
27.10.1997	08:20:00	aufgeheitert, sonnig	-0,9	4,5	7,4	0,31	9,7		klar	o. B.	500	8,00	0,20	
10.11.1997	08:15:00	bedeckt	6	6,5	7,1	0,37	9,8		o. B.	o. B.	500		entfällt	
24.11.1997	08:15:00	bewölkt, diesig	0,8	3,7	7,38	0,5	8,8		o. B.	o. B.	500	10,00	0,36	
15.12.1997	10:40:00	bedeckt	0,1	5,3	6,97	1,5	8		o. B.	o. B.	500	28,00	1,00	

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 2

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
07.01.1997	11:05:00	trocken, Schnee			7,5	3			o. B.	o. B.	500			
22.01.1997	12:45:00	trocken	7,3	0,8	7,38	5,65			o. B.	o. B.	500			
18.02.1997	12:00:00	trocken	9,7	6,1	7	36			schwach gelblich	leicht erdig	87			
05.03.1997	11:00:00	trocken	13,5	7,9	7,5	8,26			schwach gelblich	schwach erdig	500			
18.03.1997	11:30:00	trocken	10,1	8,4	7,5	9,16			gelblich	o. B.	500	32,50	1,50	
01.04.1997	10:30:00	trocken	10,9	7,7	7,6	8,1			o. B.	o. B.	500	34,00	1,50	
15.04.1997	10:20:00	trocken	7,9	7,7	7,8	2,3			o. B.	o. B.	516	33,10	1,20	
29.04.1997	09:10:00	Regen	11,1	10,2	7,5	22,1			o. B.	o. B.	500	41,10	0,80	
13.05.1997	08:15:00	trocken	14,7	11,2	7,6	15,3			o. B.	o. B.	540	36,20	0,30	
27.05.1997	09:00:00	trocken, bedeckt	13,2	12,1	7,3	13,3					500	35,4	1,00	
10.06.1997	07:40:00	trocken	18	15,6	7,4	3,8			gelblich	schwach erdig	500	22,60	1,00	
23.06.1997	09:00:00	Regen	14,5	14,2	7,2	19,9			leicht gelblich	leicht erdig	500	20,5	1,30	
08.07.1997	09:10:00	trocken	15,8	14,9	7,7	20,3			leicht gelblich	schwach erdig	500	18,30	1,50	
22.07.1997	11:05:00	trocken, bedeckt	17,7	16,5	7,7	19			leicht gelblich	schwach erdig	500			
05.08.1997	09:15:00	sonnig	19,8	17,2	7,2	16,8			leicht gelblich	schwach erdig	500	16,70	entfällt	
19.08.1997	10:20:00	sonnig, klar	21,4	17,2	7,8	8			leicht gelb	o. B.	650	15,00	0,50	
01.09.1997	12:30:00	sonnig	22,7	17,8	7,7	19,7			gelblich	erdig	500	16,00	entfällt	
16.09.1997	11:40:00	sonnig	19,3	12,2	8	12,5			gelblich	leicht erdig	500	14,40	entfällt	
29.09.1997	11:20:00	sonnig	19,8	11,7	8	12,8			gelblich	schwach erdig	500			
14.10.1997	11:40:00	bedeckt, teilweise sonnig	11,2	10	7,6	10,4			gelblich	schwach erdig	500	22,00		429
28.10.1997	10:30:00	trocken, sonnig	4,9	3,8	7,7	3,8			gelblich	schwach erdig	500	18,00		312
11.11.1997	09:40:00	Regen	8,2	8,2	7,6	5			gelblich	erdig	500	21,00		398
25.11.1997	07:30:00	trocken	3,5	3,4	7,8	3,3			o. B.	o. B.	500	20,00		369
09.12.1997	09:40:00	trocken	4,7	3,3	7,5	2,9			gelb	o. B.	500	24,00		494
13.01.1998	08:45:00	trocken	-0,4	3,8	7,5	5,9			o. B.	erdig	500	36,00		974

Wahnbach Pegel (P02)

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 3

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
-------	---------	--------	---------	-----------	-----------	---------------	-----------------	-----------	-------	--------	-----------------	------------	-------------------	---------------

Entenpfuhl (P03)

12.02.1997	09:15:00	Regen vor u. während PN	10	2,5	5,95	60			lehmig-gelb	o. B.	105		entfällt	
08.04.1997	11:10:00	sonnig, klar, windig	6	4	5,89	1,6	88		gelblich	o. B.	500		entfällt	
03.06.1997	09:55:00	trocken	20	11,5	6,99	8,21	145		gelblich	o. B.	500		entfällt	
26.08.1997	09:45:00	Regen	16	15,8	6,59	8,97	83		braun-gelb	o. B.	500		entfällt	
04.11.1997	10:05:00	sonnig, kalt	5	3,1	6,25	9,83	78		klar	o. B.	500		entfällt	

Hoscheit (P04)

12.02.1997	10:10:00	Regen vor u. während PN	8	3,8	7,24	70			lehmig braun-gelb	o. B.	56		entfällt	
03.06.1997	12:15:00	sonnig	22	14,2	7,34	2,62	124		klar	o. B.	500		entfällt	
26.08.1997	11:45:00	Regenschauer	16,2	16,2	7,29	2,89	135		o. B.	o. B.	500		entfällt	
04.11.1997	12:05:00	sonnig	8	4,8	7,45	2,95	125		klar	o. B.	500		entfällt	

Bruchgraben (P05)

28.01.1997	13:00:00	neblig, bedeckt	-1	5,4	6,61	2,35	264		o. B.	o. B.	500		entfällt	
25.03.1997	12:00:00	bewölkt, trocken	6	7,6	7,34	3,39			o. B.	o. B.	500		entfällt	
01.07.1997	11:50:00	bewölkt, trocken	15	12,7	7,41	2,21	298		klar	o. B.	500		entfällt	
29.07.1997	00:00:00	sonnig	25	13,5	7,42	2,42	252		klar	o. B.	0		entfällt	
07.10.1997	11:05:00	niederschlagsfrei	15,2	13	7,6	5,63	171		leicht braun	o. B.	0		entfällt	
16.12.1997	11:50:00	klar, kein Niederschlag	-5	5,9	7,52	1,97	195		o. B.	o. B.	500		entfällt	

Fischbach (P06)

28.01.1997	10:40:00	leichter Schneefall, bedeckt, neblig	-1	2,6	7,12	1,5	247		o. B.	o. B.	500		entfällt	
25.03.1997	10:00:00	bewölkt, diesig, trocken	7,3	7,1	7,2	12,81			leicht trüb	o. B.	500		entfällt	
01.07.1997	09:50:00	bewölkt, trocken	15	12,1	7,28	15,15	210		leicht getrübt	o. B.	500		entfällt	
29.07.1997	00:00:00	sonnig	25	13	7,17	6,72	209		klar	o. B.	0		entfällt	
07.10.1997	09:05:00	leichter Regen	15,2	14,5	7,48	70	125		braun	o. B.	318		entfällt	
16.12.1997	10:00:00	klar, kein Niederschlag	-5	3,2	7,65	1,91	261		o. B.	o. B.	500		entfällt	

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 4

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
Kall vor Paustenbach (P07)														
15.07.1997	00:00:00	trocken, bewölkt	23	14,8	7,38	9,02	118		leicht gelblich	o. B.	0		entfällt	
23.09.1997	11:55:00	sonnig	23	12,3	7,73	2,49	156,8		klar	o. B.	500		entfällt	
02.12.1997	10:55:00	niederschlagsfrei	3,4	3,3	7,26	3,07	160		gelblich	o. b.	500		entfällt	
06.01.1998	12:45:00	trocken	5	7,1	7,56	10,5	136		o. B.	o. B.	500		entfällt	
Paustenbach (P08)														
25.02.1997	12:20:00	bewölkt, windig, trocken	8,5	6,2	7,06	20,5			gräulich grünlich	o. B.	270		entfällt	
22.04.1997	08:50:00	leichter Schneefall, bedeckt	4,9	3,6	7,08	1	168		o. B.	o. B.	500		entfällt	
17.06.1997	08:30:00	leichter Regen	13,2	10,9	7,5	1,39	162		klar	o. B.	500		entfällt	
15.07.1997	00:00:00	bewölkt, trocken	23	13,8	7,45	11,24	116		leicht trüb	o. b.	0		sehr hoch	
23.09.1997	09:50:00	sonnig	20	7,6	7,46	1,6	157,7		o. B.	o. B.	500		entfällt	
02.12.1997	08:50:00	niederschlagsfrei	3,4	3,4	7,45	1,77	16,1		klar	o. B.	500		entfällt	
Roßbach (P09)														
12.08.1997	09:55:00	sonnig	22	13,3	7,2	1,6	221		o. B.	o. b.	500		entfällt	
21.10.1997	09:55:00	sonnig, klar	4,2	6,1	7,94	15,86	264		klar	o. B.	500		entfällt	
06.01.1998	10:10:00	trocken	3	6,5	7,18	23	231		o. B.	o. B.	420		entfällt	

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 5

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
Kall Pegel (P10)														
14.01.1997	10:15:00	sonnig, Schnee	-2	0,5	7,3	1,35	258		o. B.	o. B.	500			
28.01.1997	10:05:00	leichter Schneefall, bedeckt	-1,9	0,1	6,74	1,77	212		o. B.	o. B.	500			
25.02.1997	09:45:00	stürmisch, leichter Niederschlag	8	6,3	7,18	109,7	125,8		braun	o. B.	65	80,00	1,45	
11.03.1997	10:05:00	sonnig, klar	2,6	4,5	6,94	2	178,1		o. B.	o. B.	500	26,00		
25.03.1997	10:30:00	bedeckt, niederschlagsfrei	5,4	5,9	7,55	4,14	152,4		o. B.	o. B.	500	28,00	0,50	
08.04.1997	10:10:00	sonnig	3	3,8	7,81	2,46	157		o. B.	o. B.	500	26,00	0,60	
22.04.1997	10:35:00	bewölkt, niederschlagsfrei	2,9	4,1	7,75	1,45	161,9		o. B.	o. B.	500	17,00	0,20	
06.05.1997	09:05:00	Niederschlag	9,5	9,4	7,99	4,23	146,3		gelblich	o. B.	500	27,00	0,35	
20.05.1997	10:45:00	leichter Regen	14,4	11,6	6,5	3,1	151,1		o. B.	o. B.	500	16,00	0,29	
03.06.1997	09:20:00	sonnig, trocken	9,6	9,6	7,52	1,89	182		o. B.	o. B.	500	19,00	0,30	
17.06.1997	09:15:00	bedeckt, leichter Regen	10,8	11,1	7,5	10,5	165		leicht gelb	o. B.	500	25,00	0,33	
01.07.1997	09:45:00	bedeckt, niederschlagsfrei	13,2	11,8	7,44	6,79	132		gelblich	o. B.	500	29,00		
15.07.1997	00:00:00	bewölkt, trocken	21	13,7	7,44	11,27	130		leicht gelblich	o. B.	0	22,00	0,28	
29.07.1997	09:00:00	sonnig, niederschlagsfrei	14,4	11,5	7,4	3,7	175		gelblich	o. B.	500	13,00	0,28	
12.08.1997	10:15:00	sonnig, niederschlagsfrei	16,8	13	7,44	2,25	194		o. B.	o. B.	500	25,00	0,28	
26.08.1997	00:00:00		0	0	7,6	1			o.B.	schwach erdig	0		entfällt	
02.09.1997	08:40:00	regnerisch, Nieselwetter	15	14,2	7,31	19,6	146,8		trüb, braun	o. B.	500	7,00	0,40	
09.09.1997	12:10:00	trocken	14,2	12,3	7,5	1,66	166,5		o. B.	o. B.	500	10,00	0,20	
23.09.1997	09:40:00	niederschlagsfrei	7,4	6,8	7,42	0,77	203		o. B.	o. B.	500	6,00	0,11	
07.10.1997	09:00:00	Regen vor PN	14,2	11,5	7,33	1,88	199		leicht gelblich	o. B.	257	25,00	0,10	
21.10.1997	09:30:00	kein Niederschlag	3,5	6,4	7,35	1,2	197		leicht gelb	o. B.	500	7,00	entfällt	
04.11.1997	11:00:00	trocken	2,9	2,4	7,32	0,83	204		klar	o. B.	500	18,00	0,20	
18.11.1997	09:40:00	trocken	1,1	3	7,29	1,01	192		schwach gelb	o. B.	500	30,00	0,28	
02.12.1997	10:35:00	trocken	1,2	1,9	7,36	3	190		gelblich	o. B.	500	45,00	0,62	
16.12.1997	11:25:00	leichter Schneefall	-6,5	1,5	6,98	2,7	189		o. B.	o. B.	500	30,00	0,8	
06.01.1998	10:00:00	trocken	6,5	7	6,68	5,66	145		trüb	o. B.	500	30,00	0,53	
20.01.1998	09:45:00	Schnee	-1	0	6,74	3,62	153,4		klar	erdig	500			

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 6

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
-------	---------	--------	---------	-----------	-----------	---------------	-----------------	-----------	-------	--------	-----------------	------------	-------------------	---------------

Domäne-Drainage (P11)

25.02.1997	10:25:00	windig, bewölkt, trocken	7,5	5,5	6,37	30,5			gelblich	o. B.	200		entfällt	
22.04.1997	11:15:00	leichter Schneefall, windig	6,6	6,6	7,07	4,53	212		leicht gelblich	o. B.	500		entfällt	
17.06.1997	10:45:00	leichter Regen	13	12,2	6,48	5,7	209		leichtgelb	o. B.	500		entfällt	
09.09.1997	11:30:00	bedeckt, stellenweise Regen	16,5	14,7	7,36	4,75	176		o. B.	o. B.	500		entfällt	
18.11.1997	10:35:00	niederschlagsfrei	5,1	6,9	6,84	4,82	179		leicht gelblich	o. B.	500		entfällt	

Keltzerbach li Arm (P12)

09.09.1997	09:05:00	bewölkt, stellenweise Regen	14,5	12,8	7,5	0,37	235		o. B.	o. B.	500		entfällt	
18.11.1997	08:30:00	niederschlagsfrei	4,8	4,8	7,24	1,53	206		o. B.	o. B.	500		entfällt	
20.01.1998	12:20:00	Schnee	0	4,4	7,81	6,99	189		o. B.	o. B.	500		entfällt	

Keltzerbach (P13)

14.01.1997	12:35:00	sonnig, Schnee	-0,6	1,1	7,04	0,58	239		o. B.	o. B.	500		entfällt	
11.03.1997	10:00:00	sonnig, klar	9	5	7,8	1,3			o. B.	o. B.	500		entfällt	
06.05.1997	12:10:00	Niederschlag	8,6	9,1	7,89	27,5	125,4		bräunlich trüb	o. B.	500		entfällt	
20.05.1997	13:10:00	niederschlagsfrei	15,4	12,4	6,5	1,42	156,2		o. B.	o. B.	500		entfällt	
12.08.1997	12:10:00	sonnig	23	15,5	7,78	1	166		o. B.	o. b.	500		entfällt	
21.10.1997	12:00:00	sonnig	4	7,8	7,69	2,12	174		klar	o. B.	500		entfällt	
20.01.1998	10:00:00	Schnee	0	3,8	7,99	3,8	174		leicht trüb	o. B.	500		entfällt	

Swist, oberhalb Holzweiler (Esch) (P14)

07.09.1999	12:30:00	heiter bis wolkig	26	16,9	7,56	4,4	462	7,3	farblos		557,6			
14.12.1999	11:00:00	sonnig bis wolkig	3,6	4,5	7,53	10,63	511	13,48	gelb	geruchlos	375			497
17.04.2000	11:30:00	bewölkt	13,7	8,7	7,52		396	12,47	farblos	geruchlos	543			231
05.06.2000	13:00:00	bewölkt	18,9	14,4	7,43	16,89	427	8,77	farblos	geruchlos	535			76

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 7

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluß (l/s)
Swist, oberhalb KA Flerzheim (Lüftelberg) (P15)														
13.09.1999	12:55:00	sonnig, trocken	30,6	20,5	8,53	3,55	748	17,85	farblos		599			1357
30.11.1999	11:00:00	leicht bewölkt	8,3	6,5	8,35	6,27	914	13,07	gelb		500			269
20.03.2000	11:45:00	heiter bis wolkig	11,8	6,8	8,8	5,11	592	19,3	farblos	geruchlos	467			1623
10.07.2000	09:15:00	heiter bis wolkig	18,1	13,4	8,07	27,7	505	11,62	gelb	geruchlos	521			1543
Sürstbach, oberhalb KA Loch (P16)														
25.10.1999	10:00:00	bewölkt, trocken	10,2	9,2	7,06	2,7	321	8,3	gelb	erdig	549			207
03.07.2000	10:30:00	bewölkt	18,1	17,3	7,96	114,9	320	8,72	braun	Fäkallen	337			
Sürstbach, unterhalb KA Loch (P17)														
26.10.1999	09:30:00	stark bewölkt	12,6	11,9	7,45	4,2	612	8,7	gelb	andere	498			
04.07.2000	09:45:00	heiter bis wolkig	17,9	15,3	7,67	301	301	9,87	gelb	fäkallen	303			746
Swist, unterhalb KA Flerzheim (Müttinghoven) (P18)														
13.09.1999	09:50:00	sonnig, trocken	22,5	20,1	8,01	6,4	955	10,56	braun		495			1058
29.11.1999	10:45:00	leicht bewölkt	9,4	9,6	7,92	2,69	969	13	gelb		518			703
20.03.2000	08:45:00	sonnig, diesig	10,3	7	7,96	5,63	713	18,4	farblos	erdig	344			4665
10.07.2000	13:00:00	bewölkt	13,3	15,6	7,76	17,74	452	11,63	gelb	geruchlos	504			4366
Wallbach, an Kreisstraße 52 (P19)														
18.10.1999	10:45:00	sonnig	9	8,1	7,68	10,71	829	11,22	farblos		499			
25.04.2000	13:00:00	sonnig	25,4	17,3	8,67	5,93	567	17,4	gelb	Fäkallen	511			
Swist, unterhalb KA Miel, oberhalb B56 (Miel) (P20)														
19.10.1999	14:25:00	sonnig	13,1	11,1	8,21	5,31	583	11,7	gelb	erdig	522			
10.01.2000	11:05:00	heiter bis wolkig	11,3	6,5	8,11	3,86	846	14,38	gelb	geruchlos	503			1381
22.05.2000	12:00:00	bewölkt	13,4	14	7,58	5,26	617	11,38	gelb	geruchlos	500			3977
19.06.2000	11:10:00	sonnig	30,4	19,7	7,93	8,04	962	9,85	gelb	geruchlos	506			789

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 8

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
Swist, oberhalb KA Heimerzheim (Dünstekoven) (P21)														
04.10.1999	12:50:00	bewölkt, sehr windig	13	12,8	7,92	12,24	422	10,29	braun		280			
24.01.2000	14:05:00	sonnig	1,1	2,3	8,4	13,31	590	19,95	gelb	geruchlos	505			2912
13.06.2000	10:00:00	sonnig	20,2	16,4	7,84	6,1	909	8,93	gelb	geruchlos	502			702
17.07.2000	10:20:00	bewölkt	16	14,4	7,66	21,5	355	12,02	gelb	geruchlos	501			1833

Swist, unterhalb KA Heimerzheim (Heimerzheim) (P22)

05.10.1999	10:00:00	stark bewölkt, windig	11,5	13	8,03	15,22	491	9,95	braun		158			
24.01.2000	10:40:00	sonnig	1,2	1,5	8,16	14,85	613	19,98	gelb	geruchlos	528			2631
13.06.2000	12:45:00	sonnig	28,5	22	8,52	4,76	905	12,84	gelb	geruchlos	522			704
18.07.2000	10:40:00	heiter bsi wolkig	18,9	14,7	8,1	17,46	447	10,25	gelb	geruchlos	504			2484

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 9

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
KA Hillesheim, Ablauf (P23)														
07.01.1997	13:30:00	trocken, Schnee			7,25	1			o. B.	erdig	500	entfällt	entfällt	
22.01.1997	15:45:00	trocken	5,8	6,1	7,04	2,51			o. B.	o. B.	500	entfällt	entfällt	
05.02.1997	13:55:00	trocken	4,5	6,9	6,65	2,43			o. B.	o. B.	500	entfällt	entfällt	
18.02.1997	13:40:00	trocken, wech. Regenschauer	7,6	7,9	6,3	2			schwach gelb	leicht erdig	500	entfällt	entfällt	
05.03.1997	14:00:00	trocken	14,1	10,4	6,9	1,18			schwach gelb	erdig	500	entfällt	entfällt	
18.03.1997	13:50:00	trocken	11,1	11,7	6,9	1,03			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
01.04.1997	12:40:00	trocken	17,2	11,2	7	2,5			o. B.	o. B.	500	entfällt	entfällt	
15.04.1997	12:25:00	trocken	8,4	10,5	7	1,1			o. B.	o. B.	503	entfällt	entfällt	
29.04.1997	11:10:00	Regen	10,4	11,6	7,2	2,9			o. B.	o. B.	500	entfällt	entfällt	
13.05.1997	10:15:00	trocken	14,8	12,8	6,9	2,1			o. B.	o. B.	501	entfällt	entfällt	
27.05.1997	11:20:00	trocken	15,1	15,2	6,8	2,9					500	entfällt	entfällt	
10.06.1997	09:35:00	trocken	27	17,9	7	0,8			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
23.06.1997	11:00:00	trocken	15,1	17,3	6,9	2,7			leicht gelblich	leicht erdig	500	entfällt	entfällt	
08.07.1997	09:10:00	trocken	14,8	17,5	7	1,5			leicht gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
22.07.1997	11:55:00	trocken, bedeckt	21,4	19,4	7	2,9			leicht gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
05.08.1997	11:35:00	sonnig	26,1	20,8	7,1	0,7			leicht gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
19.08.1997	13:00:00	sonnig, wechselnd bewölkt	23,6	21	7,2	3,2			gelblich-braun	o. B.	500	entfällt	entfällt	
01.09.1997	14:45:00	sonnig	26,7	20,3	7	2,3			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
16.09.1997	13:40:00	sonnig	22,2	17,2	7	1,3			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
29.09.1997	13:20:00	sonnig, teilweise bedeckt	21,7	16,4	7	2,4			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
14.10.1997	13:50:00	bedeckt, teilweise Regen	9,3	14,7	6,9	1,9			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
28.10.1997	12:50:00	trocken, sonnig	5,5	11,1	7,1	3,1			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
11.11.1997	11:45:00	bewölkt, trocken	7,9	11	7,1	3,5			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
25.11.1997	10:30:00	trocken	4,1	9	7,3	6,1			gelb	erdig	500	entfällt	entfällt	
09.12.1997	11:40:00	trocken	8,1	8,3	6,8	0,94			gelb	erdig	500	entfällt	entfällt	
13.01.1998	10:50:00		2,9	7,7	6,9	1,4			gelb	erdig	500	entfällt	entfällt	

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 10

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
KA Niederkassel, Ablauf (P24)														
17.02.1997	14:00:00	trocken, bedeckt	8	10,7	7,35	3,8	364		leichte Färbung	gering	500	entfällt	entfällt	
17.03.1997	14:00:00	trocken	12,3		7,3	3,2			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
14.04.1997	13:15:00	trocken, bedeckt	14	14,4	7,4	1,6			leichte Trübung	gering	500	entfällt	entfällt	
12.05.1997	13:15:00	trocken, teilweise sonnig	18,8	16,6	7,1	1,9			o. B.	o. B.	500	entfällt	entfällt	
09.06.1997	13:30:00	trocken	24,9	19,1	7,1	7,2			leichte Trübung	gering	500	entfällt	entfällt	
07.07.1997	14:00:00	trocken, bedeckt	20,2	20	7,3	4,6			leichte Trübung	gering	500	entfällt	entfällt	
18.08.1997	12:30:00	sonnig	31,3	24,3	7,4	1,5			gelblich	erdig	500	entfällt	entfällt	
15.09.1997	13:45:00	trocken	20	19,3	7,2	1,2			leichte Trübung	gering	500	entfällt	entfällt	
13.10.1997	14:00:00	trocken, bedeckt	13,2	16,7	7,2	2,3			leicht trüb	gering	500	entfällt	entfällt	
11.11.1997	13:20:00	trocken, bedeckt	11,1	14,5	7,2	6,2			leichte Färbung	gering	500	entfällt	entfällt	
08.12.1997	13:40:00	trocken	6,5	11,3	7,2	3,6			leichte Trübung	gering	500	entfällt	entfällt	
19.01.1998	13:30:00	Regen bedeckt	7,8	11,2	6,9	5,1			leichte Trübung	gering	500	entfällt	entfällt	

KA Hilberath, Zulauf (P25)

20.09.1999	09:30:00	bewölkt	21,6	17,4	8,69	388	982	2,95	braun	Fäkalien	80			0,5
08.11.1999	11:10:00	bewölkt	9,7	12,5	8,98	403	1020	4,82	braun	Urin	101			0,5
10.01.2000	14:00:00	heiter bis wolkig	2,6	7,8	8,45	134,7	3450	12,34	gelb	Urin	101			1
17.04.2000	10:15:00	bewölkt	13,3	9,5	9,06	192,6	800	5,45	grau	Urin	51			0,5
29.05.2000	11:50:00	bewölkt	11,2	13	8,36	252	1008	3,9	gelb	Urin	54			1

KA Hilberath, Ablauf (P26)

27.09.1999	11:10:00	stark bewölkt	23,5	17,4	6,86	1,41	758	3,28	farblos	Fäkalien	437			0,5
15.11.1999	09:30:00	sonnig	3,2	9,7	7,29	0,1	771	10,27	gelb		330			0,5
17.01.2000	11:15:00	bewölkt	5,5	7,1	7,17	2,24	972	12,05	gelb	Fäkalien	498			1
25.04.2000	09:30:00	sonnig	18,2	11,8	6,94	4,94	694	4	farblos		520			0,25
05.06.2000	09:40:00	bewölkt	18,6	16,6	6,84	2,87	632	4,41	gelb	geruchlos	514			0,5

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 11

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
KA Flerzheim, Zulauf (P27)														
11.10.1999	10:05:00	heiter bis wolkig	17,6	18,1	8,33	250	1244	1,69	gelb	Urin	144			148
22.11.1999	11:15:00	stark bewölkt	1,7	11,9	8,4	253	1470	5,7	braun	Fäkalien	64			183
03.01.2000	10:45:00	bewölkt	7,8	11,1	8,37	262	1200	6,34	braun	Fäkalien	51			202
14.02.2000	12:00:00	sonnig	5,6	10,1	8,3	249	1270	7,4	braun	Urin	38			152,8
13.03.2000	10:55:00	sonnig	11,8	10,9	8,64	194,3	1034	10,3	braun	Fäkalien	46			161
10.04.2000	12:25:00	sonnig	12,5	12	8,04	246	1222	5,2	braun	Fäkalien	502			153
15.05.2000	08:40:00	sonnig	24,4	14,8	8,02	180,7	1102	5,23	braun	Urin	51			143,8
26.06.2000	12:10:00	heiter bis wolkig	17,6	17,2	8,06	208,4	1024	5,58	braun	Urin	57			138,9
24.07.2000	10:10:00	stark bewölkt	18,8	16,6	7,63	150	420		braun	Fäkalien	48			416,6
21.08.2000	11:40:00	stark bewölkt	21	18,2	7,63	128,9	605	5,52	braun	Fäkalien	50			347,2

KA Flerzheim, Ablauf (P28)

12.10.1999	10:00:00	sonnig, trocken	16,4	16,8	7,61	0,1	839	9,26	farblos		368			9,17
23.11.1999	09:00:00	bewölkt	6,2	10,8	6,9	2,86	1272	10,9	gelb		509			333
04.01.2000	09:45:00	stark bewölkt	6	10,2	7,47	3,06	983	11,89	gelb	geruchlos	505			217
15.02.2000	12:20:00	bewölkt	7	9,9	6,99	1,07	765	15,5	gelb	geruchlos	505			91,7
14.03.2000	09:30:00	bewölkt	11,5	11	6,9	1,07	879	15,5	farblos	geruchlos	528			152,8
11.04.2000	12:30:00	heiter bis wolkig	15,3	11,9	7,47	0,81		14,6	farblos	geruchlos	524			119,4
16.05.2000	10:15:00	sonnig	26	7,38	7,38	1,03	914	9,2	gelb	geruchlos	505			147,2
27.06.2000	08:50:00	sonnig	15,5	17,2	7,02	2,18	603	9,11	gelb	geruchlos	500			158,3
25.07.2000	09:10:00	stark bewölkt, windig	16,7	17,3	6,93	1,27	622	10,2	gelb	geruchlos	502			375
22.08.2000	10:15:00	heiter bis wolkig	24,8	18,7	7,08	1,01	463		farblos	geruchlos	501			263,9

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 12

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
KA Rheinbach, Zulauf (P30)														
11.10.1999	13:40:00	stark bewölkt	18,1	16,9	8,09	250	1147	2,29	grau	Fäkalien	53			46,6
22.11.1999	13:30:00	stark bewölkt	4,6	9,9	8,6	195	830	8,4	grau	Fäkalien	177			176,7
03.01.2000	13:30:00	heiter bis wolkig	7,9	11,5	8,56	305	1012	5,55	braun	Fäkalien	76			250
14.02.2000	10:45:00	sonnig	7,2	12,7	8,45	178	800		grau	Urin	50			71,1
13.03.2000	12:20:00		14,7	11,6	6,91	208,3	1187	9,02	braun	Fäkalien	52			55,6
10.04.2000	10:45:00	sonnig	12,3	12,6	8,59	271	940	9,5	braun	Fäkalien	10			210
15.05.2000	13:00:00	sonnig	33,8	15,9	8,14	254	984	2,88	gelb	andere	50			66,7
26.06.2000	13:40:00	heiter bis wolkig	16,5	17,5	8,32	254	1190	3,15	gelb	Urin	52			41,7
24.07.2000	12:05:00	stark bewölkt	20,3	17	8,1	163	333	6,2	braun	Fäkalien	50			132,8
21.08.2000	12:50:00	bewölkt	20,3	18,5	7,86	105,2	442	4,44	braun	andere	51			183,3

KA Rheinbach, Ablauf (P31)

12.10.1999	13:55:00	sonnig, trocken	20,3	16,3	7,2	0,1	822	10,08	farblos		431			118,1
23.11.1999	12:05:00	bewölkt	7,7	10,9	7,22	1,04	830	9,86	gelb		527			
06.01.2000	12:10:00	bewölkt	7,8	9,9	7,56	1,18	812	11,51	farblos	geruchlos	505			83,3
15.02.2000	09:00:00	bewölkt	10,2	10,3	7,36	0,76	710	11,38	gelb	geruchlos	508			69,4
14.03.2000	12:30:00	bewölkt	12,8	11,3	7,2	0,41	763	14,08	farblos	geruchlos	521			122,2
11.04.2000	09:15:00	bewölkt	13,9	12	7,61	0,52		15,8	farblos	geruchlos	516			95,8
16.05.2000	12:55:00	heiter bis wolkig	25,9	18,5	7,35	0,96	808	8,4	gelb	geruchlos	500			38,8
27.06.2000	11:45:00	sonnig	18,3	17,6	7,82	0,72	648	9,34	farblos	geruchlos	505			44,4
25.07.2000	12:15:00	stark bewölkt	19,1	17,8	7,68	0,91	550	10,15	gelb	geruchlos	50			166,7
22.08.2000	12:40:00	sonnig	26,1	19,3	7,76	0,84	429		farblos	geruchlos	500			196,9

KA Miel, Zulauf (P32)

02.11.1999	10:20:00	stark bewölkt, Regen	13,2	14,3	7,18	61,9	306	5,6	grau	Urin	130			108
06.12.1999	12:20:00	bewölkt	4,9	11,4	8,54	329	1291	5,14	gelb	Fäkalien	63			23
28.02.2000	13:45:00	bewölkt	10,2	9,2	8,53	293	1159	9,83	gelb	Fäkalien	60			30
22.05.2000	10:40:00	bewölkt	12,9	13,8	8,38	80,7	580	4,85	gelb	Urin	100			57
19.06.2000	10:10:00	sonnig	30,1	16,4	8,28	216,8	1176	7,56	braun	Fäkalien	50			35,2

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 13

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O ₂ (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluß (l/s)
-------	---------	--------	---------	-----------	-----------	---------------	-----------------	-----------------------	-------	--------	-----------------	------------	-------------------	--------------

KA Miel, Ablauf (P33)

03.11.1999	09:20:00	sonnig	9,7	13,2	8	2,78	423	10,54	gelb	andere	501			30
07.12.1999	10:00:00	bewölkt	6,4	8,3	8,16	2,86	851	12,1	gelb	geruchlos	504			38
29.02.2000	10:15:00	bewölkt	8,2	8,7	8,01	1,5	673	15,35	gelb	fäkalien	504			30
23.05.2000	10:00:00	bewölkt	16	13,9	7,32	1,17	522	10,22	gelb	geruchlos	510			53
20.06.2000	10:10:00	sonnig	30,1	19,3	7,9	3,5	993	8,73	gelb	geruchlos	502			19

KA Loch, Zulauf (P34)

25.10.1999	13:30:00	sonnig, bewölkt	13,6	14,1	8,26	195,2	1222	8,26	grau	Fäkalien	92			3
17.01.2000	14:15:00	bewölkt	5,8	9,6	8,32	181	1012	13,61	braun	andere	54			3,5
03.04.2000	11:45:00	bewölkt	16,1	9,5	7,43	65,6	732	10,5	braun	Urin	53			8
29.05.2000	10:50:00	bewölkt	15,6	13,4	8,21	200,7	954	8,4	gelb	Urin	52			7,5
03.07.2000	12:50:00	bewölkt	21,6	16,5	8,14	442	984	7,84	braun	Fäkalien	36			2

KA Loch, Ablauf (P35)

26.10.1999	12:00:00	stark bewölkt	14,9	14,6	6,92	17	979	3,6	gelb	andere	100			
18.01.2000	10:05:00	bewölkt, Nieselregen	6,6	8,8	7,34	5,55	898	7,21	gelb	Fäkalien	390			7,5
04.04.2000	09:15:00	sonnig	12,6	9,6	7,01	1,81	658	9,2	farblos	andere	504			7
30.05.2000	10:00:00	bewölkt	18,4	15,1	6,77	4,39	927	3,73	gelb	geruchlos	505			3
04.07.2000	11:45:00	heiter bis wolkig	21,9	15,4	7,16	17,92	594	6,85	gelb	geruchlos	388			15

KA Heimerzheim, Zulauf (P36)

21.09.1999	10:15:00	sonnig, trocken	20,1	19,7	8,1	356	1098	1,28	braun		24			8,69
09.11.1999	10:10:00	bewölkt	11,4	15,4	8,32	376	1200	7,2	braun	Urin	77			9
21.02.2000	11:20:00	sonnig	5,4	11,3	8,27	320	1292	10,2	braun	Urin	50			152,5
02.05.2000	10:45:00	bewölkt	20	15,2	8,25	356	1275	6,28	braun	Urin	54			25,3
11.07.2000	10:30:00	bewölkt	16,7	17,2	8,24	262	1280	5,2	braun	Fäkalien	47			11,5

Vor-Ort-Parameter (Routineproben)

Datenanhang 14

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluß (l/s)
KA Heimerzheim, Ablauf (P37)														
27.09.1999	13:50:00	stark bewölkt	19	18,9	8,3	2,87	770	9,65	farblos		333			18,8
15.11.1999	12:45:00	sonnig	6,6	11,7	8,34	0,1	934	14,18	gelb		518			13,7
28.02.2000	10:50:00	sonnig	12,3	9,8	8,17	2,77	870	16,4	gelb	geruchlos	509			158,6
08.05.2000	08:45:00	sonnig	26,3	17	8,2	1,35	1056	9,87	gelb	geruchlos	503			109,17
17.07.2000	12:45:00	heiter bis wolkig	23,3	16,8	7,8	2,76	527	10,73	farblos	geruchlos	502			24

Vor-Ort-Parameter (Ereignisproben)

Datenanhang 15

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluß (l/s)
Nauholzbach Pegel (P01)														
09.10.1997	08:30:00	regnerisch, 20l/m³ vom 8.-9.10.97	13,8	11,3	7	30			gelblich-trüb	o. B.	200	14,00	0,36	
09.10.1997	11:00:00	trocken, trüb, später Regen	15,4	12,3	6,36	5,4			fast klar	o. B.	500	11,00	0,35	
09.10.1997	15:00:00	Regenschauer, Gewitter	17	14,2	6,15	2,2			klar	o. B.	500	9,00	0,32	
12.12.1997	13:40:00	langanhaltender Niederschlag	5,2	6,2	6,97	62,5	8,1		o. B.	o. B.	54	32,00	1,00	
12.12.1997	16:10:00	regnerisch	5	5,4	6,97	62	8		bräunlich-trüb	o. B.	51	32,00	1,10	
12.12.1997	20:15:00	regnerisch	4	6,4	6,97	97,4	8		braun-trüb	o. B.	46	33,00	1,20	
12.12.1997	23:05:00	Regen	4,4	6,4	6,86	87,8	8,2		bräunlich-trüb	o. B.	61	34,00	1,20	

Wahnbach Pegel (P02)

05.02.1997	09:30:00	Regen	4,4	3,1	7,21	319			o. B.	leicht erdig	20			
09.10.1997	09:30:00	bedeckt, teilweise Regen	17,1	13,8	7,4	125,3			gelb-braun	erdig	98	38,00		1071
09.10.1997	12:00:00	bedeckt, teilweise Regen	17,1	13,8							95	41,00		1234
09.10.1997	13:25:00	bedeckt, teilweise sonnig	21	14,2							129	40,00		1178
09.10.1997	15:20:00	bedeckt, teilweise sonnig	21	14,2							287	37,00		1021
10.10.1997	06:05:00	Regen	14,8	13,9							185	41,00		1234
10.10.1997	07:45:00	Regen	14,8	14	7,3	58,2			gelblich	erdig	260	41,00		1234
10.10.1997	09:20:00	Regen	14,8	14	7,5	50,3			gelblich	erdig	264	40,00		1178
10.10.1997	10:20:00	Regen	14,8	14	7,4	49,8			gelblich	erdig	277	40,00		1178
10.10.1997	11:15:00	Bedeckt, teilweise Regen	15,8	14	7,4	40,2			gelblich	erdig	287	40,00		1178
11.12.1997	09:30:00	Regen	9,5	9,5	7,3	35,6			gelb	erdig	341	47,00		1599
11.12.1997	10:30:00	Regen	11,3	6,9							245	49,00		1733
11.12.1997	11:30:00	Regen	10,5	10,5							252	50,00		1802
11.12.1997	12:30:00	Regen	11,6	7,1							143	51,00		1873

Vor-Ort-Parameter (Ereignisproben)

Datenanhang 16

Datum	Uhrzeit	Wetter	Luft °C	Wasser °C	pH - Wert	Trübung (FNU)	el. Lf. (µS/cm)	O2 (mg/l)	Farbe	Geruch	Filtr. Vol. (l)	Pegel (cm)	Fließgesch. (m/s)	Abfluss (l/s)
Kall Pegel (P10)														
12.02.1997	10:00:00	Regen	8,6	4,6	7,58	102,5	165,2		bräunlich-trüb	o. B.	80	69,00	1,14	
12.02.1997	12:00:00	nachlassender Regen	8,8	4,8	7,47	86,6	163,6		bräunlich-trüb	o. B.	93	68,00	1,33	
12.02.1997	14:00:00	vereinzelt leichter Regen	7	4,7	7,46	60	162		leicht gelblich lehr	o. B.	160			
12.02.1997	16:00:00	bewölkt, trocken	8	5,3	7,85	31	166		lehmig gelb	o. B.	130			
12.02.1997	18:00:00	bewölkt, trocken	8	5	7,42	27	168		lehmig gelb	o. B.	180			
19.03.1997	13:35:00	bedeckt, leichter Regen	4,5	5,9	7,13	43,2	123,9		braun-gelb	o. B.	205	40,00		
19.03.1997	15:30:00	bedeckt, Hagel	5,3	6,1	7,22	35,5	212,6		braun-gelb	o. B.	264	42,00		
19.03.1997	17:30:00	bedeckt, Regen	4,3	6	7,36	58,2	119,3		braun-gelb	o. B.	180	44,00		
19.03.1997	19:30:00	trocken	5	5,8	7,32	48,4	118		braun-gelb	o. B.	222	44,00		
19.03.1997	21:30:00	trocken	7	5,7	7,46	27,7	110		leicht gelb-braun	o. B.	474	40,00		
09.10.1997	10:30:00	Regen	15	13,4	7,76	10,4	118		leicht trüb	o. B.	500	21,00		1,5

Ablauf Regenüberlaufbecken II, Flerzheim (P29)

19.10.2000	12:55:00	bedeckt	12,3	12,9	7,5	62,2		6,7	grau	Fäkalien	74			
------------	----------	---------	------	------	-----	------	--	-----	------	----------	----	--	--	--

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 17

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
20.01.1997	11:05:00	1730	45	22	530	1	0	2200	8,4	0	0	0
17.02.1997	10:45:00	444	42	18	18	0	4	0	0	0	0	0
03.03.1997	08:15:00	220	63	4	150	2	1	0	1	0	0	0
01.04.1997	08:10:00	62	16	10	64	4	0	1500	5,6	1,1	0	1,1
30.04.1997	08:10:00	415	78	24	220	1	1	1300	1,3	0	0	0
26.05.1997	08:30:00	445	214	10	1100	17	1	2000	6,5	0	0	0
23.06.1997	08:30:00	1679	339	70	10000	400	0	0	52,2	0	0	0
07.07.1997	08:30:00	423	68	5	2600	68	6	0	22,1	0	0	0
04.08.1997	08:15:00	1390	82	22	8800	25	2	0	2,8	0	0	0
02.09.1997	08:15:00	319	287	70	15000	96	0	0	2,5	0	0	0
29.09.1997	08:20:00	415	88	53	4500	13	0	0	1,5	0	0	0
13.10.1997	08:05:00	1290	78	27	6200	19	4	0	6,9	0	0	0
27.10.1997	08:20:00	504	44	148	1300	3	2	3000	0	0	0	0
10.11.1997	08:15:00	689	71	11	1120	11	2	0	1,2	0,6	0	0,6
24.11.1997	08:15:00	218	40	31	910	3	31	6000	0,5	0	0	0
15.12.1997	10:40:00	526	60	16	300	2	11	0	2,3	0	0	0

Nauholzbach Pegel (P01)

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 18

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
07.01.1997	11:05:00	2800	700	800	2500	530	130	0	22,5	1,7		
22.01.1997	12:45:00	1370	133	200	6200	135	12	0	4,9	3,3		
18.02.1997	12:00:00	16500	977	5100	10000	2200	900	0	23,1	0		
05.03.1997	11:00:00	813	193	490	2400	62	800	2000	1	1		
18.03.1997	11:30:00	1150	328	860	13000	60	59	0	3	3		
01.04.1997	10:30:00	422	215	220	1800	14	85	0	5,9	2,5		
15.04.1997	10:20:00	1310	356	390	2000	59	63	7000	2	0,7		
29.04.1997	09:10:00	7243	327	1890	1800	300	306	2000				
13.05.1997	08:15:00	1050	527	370	1200	21	113	3000	1,4	6,9		
27.05.1997	09:00:00	1120	752	450	17600	100	47	0	7,3	9,1		
10.06.1997	07:40:00	6470	1850	4600	74000	495	40	0	0	4		
23.06.1997	09:00:00	1443	314	560	35000	140	5	0	3,2	0		
08.07.1997	09:10:00	385	453	564	17000	130	161	0	0	0		
22.07.1997	11:05:00	1717	1105	775	3100	180	182	0				
05.08.1997	09:15:00	708	524	500	22000	350	157	0	1	1		
19.08.1997	10:20:00	1110	230	280	1300	135	16	0	0	0		
01.09.1997	12:30:00	1100	394	360	24000	600	196	0	0	0		
16.09.1997	11:40:00	447	265	410	17500	610	350	2000	1,1	1,1		
29.09.1997	11:20:00	730	332	155	73000	59	0	100	0	0		
14.10.1997	11:40:00	1880	519	740	8500	104	269	0	1,5	1,5		
28.10.1997	10:30:00	1900	332	260	2000	108	41	0	1,3	0,6		
11.11.1997	09:40:00	346	195	158	330	17	65	0	2,7	0,7		
25.11.1997	07:30:00	132	145	300	740	30	250	0	1	1,5		
09.12.1997	09:40:00	583	283	1420	3800	138	160	0	0	5,3		
13.01.1998	08:45:00	593	261	980	2100	83	366	0	0	5,2		

Wahnbach Pegel (P02)

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 19

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
Entenpfuhl (P03)												
12.02.1997	09:15:00	7270	473	100	50	270	50	20000	14,9	0		
08.04.1997	11:10:00	2640	42	6	280	1	3	0	0,6	0		
03.06.1997	09:55:00	378	309	48	100000	9	51	3000	3,4	0		
26.08.1997	09:45:00	7600	1300	560	115000	780	0	0	3,9	3,9		
04.11.1997	10:05:00	291	58	6	600	21	0	0	1,2	1,2		
Hoscheit (P04)												
12.02.1997	10:10:00	82400	8040	420	1000	3700	100	10000	22,4	7,5		
03.06.1997	12:15:00	355	147	63	3500	66	22	30000	4,5	2,6		
26.08.1997	11:45:00	2700	1200	640	112000	970	5	0	0,6	6,2		
04.11.1997	12:05:00	1081	133	23	2600	20	9	0	0	1,9		
Bruchgraben (P05)												
28.01.1997	13:00:00	883	97	480	500	75	0	0	4,6	0,8		
25.03.1997	12:00:00	936	287	1860	2700	333	36	0	3,7	2,2		
01.07.1997	11:50:00	1462	745	4800	31000	654	20	0	1,7	1,1		
29.07.1997	00:00:00	568	217	1847	12000	138	39	0				
07.10.1997	11:05:00	10800	7400	6080	155000	8600	70	0				
16.12.1997	11:50:00	894	324	32	3800	2900	26	0	0,6	0		
Fischbach (P06)												
28.01.1997	10:40:00	237	60	16	100	3	0	5000	4,7	0,7		
25.03.1997	10:00:00	1470	911	360	1300	155	130	1000	5,4	1,3		
01.07.1997	09:50:00	1396	916	436	90000	342	500	3400	6,7	3,3		
29.07.1997	00:00:00	839	843	1017	91000	309	37	600				
07.10.1997	09:05:00	30800	15250	28500	860000	89000	540	0	6,4	0		
16.12.1997	10:00:00	1180	443	41	2900	27	53	0	1,5	9,3		

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 20

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
-------	---------	-----------------	-----------------	----------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------------	--------------------------

Kall vor Paustenbach (P07)

15.07.1997	00:00:00	28600	3200	4909	300000	1160	195	90000	0,5	0,5	0,5	0,5
23.09.1997	11:55:00	900	197	12	5000	24	13	20000	0,8	0,8	3,1	3,1
02.12.1997	10:55:00	3310	475	270	1990	48	460	0	0,7	0,7	2,9	2,9
06.01.1998	12:45:00	2877	334	520	4200	76	140	2000				

Paustenbach (P08)

25.02.1997	12:20:00	6930	932	1140	2000	260	40	0	3,7	3,7	0	0
22.04.1997	08:50:00	193	88	604	1500	71	36	1800	3,9	3,9	0,7	0,7
17.06.1997	08:30:00	1503	135	257	4500	81	30	7000	1,9	1,9	1,9	1,9
15.07.1997	00:00:00	14000	1790	6036	340000	1640	121	0	1,5	1,5	0	0
23.09.1997	09:50:00	661	122	41	4200	41	1	0	0	0	1,2	1,2
02.12.1997	08:50:00	485	213	910	1300	35	64	3000				

Roßbach (P09)

12.08.1997	09:55:00	1340	177	63	12000	185	24	0	1,8	1,8	16	16
21.10.1997	09:55:00	3360	254	320	13900	110	60	0	1,5	1,5	2,2	2,2
06.01.1998	10:10:00	2776	1360	30000	38000	4700	210	0	0,7	0,7	33,2	33,2

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 21

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
14.01.1997	10:15:00	206	187	114	100	100	20	20	3	1300	3,9	0
28.01.1997	10:05:00	503	77	45	96	96	22	22	1	900	4,8	0,8
25.02.1997	09:45:00	14300	180000	1400	21700	21700	690	690	150	1000	45,8	0
11.03.1997	10:05:00	258	170	85	710	710	78	78	26	1100	0	1,3
25.03.1997	10:30:00	354	23	268	395	395	30	30	34	600	2,7	1,3
08.04.1997	10:10:00	1090	615	1740	1100	1100	190	190	40	600	4,5	3,2
22.04.1997	10:35:00	238	88	42	740	740	15	15	16	1900	1,3	0
06.05.1997	09:05:00	888	416	145	1760	1760	107	107	61	1000	2,9	0
20.05.1997	10:45:00	370	145	104	8700	8700	32	32	22	400	1,3	0,6
03.06.1997	09:20:00	238	65	104	2000	2000	8	8	23	0	2,6	0
17.06.1997	09:15:00	1791	710	1667	27300	27300	432	432	20	0	10,3	0,8
01.07.1997	09:45:00	1177	353	387	11000	11000	136	136	10	2000	8,4	1,7
15.07.1997	00:00:00	24000	12000	5181	400000	400000	1830	1830	198	60000		
29.07.1997	09:00:00	389	181	171	11000	11000	26	26	27	0	6,6	5,9
12.08.1997	10:15:00	629	183	86	7700	7700	88	88	13	0	0,6	1,7
26.08.1997	00:00:00	573	397	110	11000	11000	92	92	5	0		
02.09.1997	08:40:00	46300	1700	11000	200000	200000	11000	11000	20	0	4,6	11,1
09.09.1997	12:10:00	1440	1320	153	85	85	82	82	0	3000	1,6	0
23.09.1997	09:40:00	403	81	64	2800	2800	18	18	20	0	0	0
07.10.1997	09:00:00	530	17	96	10400	10400	28	28	30	0	6,8	1,1
21.10.1997	09:30:00	328	81	121	1700	1700	20	20	2	0	1,1	0
04.11.1997	11:00:00	617	60	25	730	730	6	6	8	0	0	0
18.11.1997	09:40:00	160	62	220	270	270	8	8	30	2100	0	0
02.12.1997	10:35:00	5025	610	263	1520	1520	54	54	170	0	0,7	1,5
16.12.1997	11:25:00	844	197	0	400	400	940	940	54	0	2,8	5
06.01.1998	10:00:00	3300	390	1500	6700	6700	320	320	64	0	1,5	1,5
20.01.1998	09:45:00	2560	345	473	4100	4100	54	54	90	0	3,8	2,6

Kall Pegel (P10)

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 22

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
-------	---------	-----------------	-----------------	----------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------------------	----------------	--------------------------

Domäne-Drainage (P11)

25.02.1997	10:25:00	50700	8240	2420	15000	6300	2500	0	2,5	0	0	0
22.04.1997	11:15:00	504	216	2040	3400	4	1	4300	0	3,6	0	3,6
17.06.1997	10:45:00	1520	980	216	18000	35	20	900	0	0	0	0
09.09.1997	11:30:00	1050	318	182	510	119	1	0	1,3	2,6	0	2,6
18.11.1997	10:35:00	2814	104	44	420	15	61	0	0	5,7	0	5,7

Keltzerbach li Arm (P12)

09.09.1997	09:05:00	54	134	13	11	4	0	0	1,1	0	0	0
18.11.1997	08:30:00	463	252	15	27	10	17	0	0	1,1	0	1,1
20.01.1998	12:20:00	784	284	68	5900	58	50	10000	0,8	0	0	0

Keltzerbach (P13)

14.01.1997	12:35:00	240	42	5	560	15	1	500	4,5	0	0	0
11.03.1997	10:00:00	46	47	9	122	1	15	400	1,3	0	0	0
06.05.1997	12:10:00	3483	2013	1030	14000	1260	66	0	11,4	0,9	0	0,9
20.05.1997	13:10:00	344	151	160	10000	13	15	1100	8,5	0	0	0
12.08.1997	12:10:00	119	52	8	2100	5	6	0	1,5	0	0	0
21.10.1997	12:00:00	200	96	28	560	12	3	1600	1,6	0	0	0
20.01.1998	10:00:00	1109	309	154	4360	93	33	0	1,7	2,5	0	2,5

Swist, oberhalb Holzweiler (Esch) (P14)

07.09.1999	12:30:00	156000	689	7200	7900	5300	53	0	4	0	0	0
14.12.1999	11:00:00	3780	840	930	15000	1400	220	0	7	7	0	7
17.04.2000	11:30:00	370	310	90	930	160	80	10000	0	5,9	0	5,9
05.06.2000	13:00:00	7500	2500	900	9300	1250	80	0	0	14,4	0	14,4

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 23

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
Swist, oberhalb KA Flerzheim (Lüftelberg) (P15)												
13.09.1999	12:55:00	110000	150000	400		21000		5000	400	0	8,7	2,9
30.11.1999	11:00:00	616	375	930	450	930	750	170	102	550	9,5	0
20.03.2000	11:45:00	1815	717	700	1200	43000		149	236	2000	0	9,4
10.07.2000	09:15:00	2530	980	2300	1220	43000		1250	100	0	0	0
Sürstbach, oberhalb KA Loch (P16)												
25.10.1999	10:00:00	160	230	930	380	1500		100	250	0	5,1	0,6
03.07.2000	10:30:00	35500	12000	20000	14000	930000		16000	1500	0	0	17,4
Sürstbach, unterhalb KA Loch (P17)												
26.10.1999	09:30:00	1575	2050	9300	2800	93000		1040	570	27000	0,7	29,6
04.07.2000	09:45:00	3250	14000	15000	8400	460000		30000	550	0	19,1	96
Swist, unterhalb KA Flerzheim (Müttinghoven) (P18)												
13.09.1999	09:50:00	220000	210000	400		30000		5000	270	0	5	8
29.11.1999	10:45:00	41	67	430	440	930	12500	110	44	0	3,4	10,1
20.03.2000	08:45:00	384	174	40	105	230		65	220	0	0	71,1
10.07.2000	13:00:00	5050	2860	7000	14000	240000		1660	260	0	0	10,6
Wallbach, an Kreisstraße 52 (P19)												
18.10.1999	10:45:00	2950	1500	9300	3900	93000		1230	154	0	2,4	16,8
25.04.2000	13:00:00	590	110	430	680	15000		130	540	0	0	43,4
Swist, unterhalb KA Miel, oberhalb B56 (Miel) (P20)												
19.10.1999	14:25:00	970	710	930	980	4300		730	160	0	19,4	29,1
10.01.2000	11:05:00	19200	950	1500	3100	24000		610	350	0	1,1	12
22.05.2000	12:00:00	2600	275	4300	5100	15000		2400	135	0	0	73
19.06.2000	11:10:00	53	50	430	500	24000		310	460	0	7,6	15

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 24

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
Swist, oberhalb KA Heimerzheim (Dünstekoven) (P21)												
04.10.1999	12:50:00	10800	3900	43000		460000		6800	2500	0	28	101
24.01.2000	14:05:00	3200	940	4300	3600	9300		750	440	0	1,6	28
13.06.2000	10:00:00	11000	590	230	640	43000		230	151	0	17	40
17.07.2000	10:20:00	29000	9000	15000	11000	15000		3400	700	0	0	132
Swist, unterhalb KA Heimerzheim (Heimerzheim) (P22)												
05.10.1999	10:00:00	13700	6000	43000		460000		8100	1200	0	16	117
24.01.2000	10:40:00	2600	2050	9300	8200	46000		1100	630	0	3,4	117
13.06.2000	12:45:00	4800	1900	930	2150	4300		180	285	10000	22	13
18.07.2000	10:40:00	5560	2440	7500	3600	240000		9300	240	3000	2,1	25,4

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 25

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
07.01.1997	13:30:00	13400	6260		5200	150000		8600	1000	600	4,7	4,2
22.01.1997	15:45:00	41000	7100	24000	31700	110000		22000	160	14000	2,5	2,5
05.02.1997	13:55:00	15400	5595	21000	23300	110000		15500	2100	20000	2,7	3,4
18.02.1997	13:40:00	6070	918	7500	17000	12000		5700	1500	30000	1	1
05.03.1997	14:00:00	12400	4380	150000	62000	150000		11700	90	40000	0	2,9
18.03.1997	13:50:00	17100	81120	93000	88000	210000		22500	270	60000	0	38
01.04.1997	12:40:00	11000	8700	110000	16700	110000		8600	170	10000	2,7	123,3
15.04.1997	12:25:00	20000	10100	11000	29300	24000		47000	270	10000	0	97,6
29.04.1997	11:10:00	17332	6954	24000	25400	46000		24000	61	0		
13.05.1997	10:15:00	9270	1940	2400	13400	2400		4900	480	3500	1,3	61,3
27.05.1997	11:20:00	7850	4520	46000	11300	110000		2710	818	13000	0	27,4
10.06.1997	09:35:00	11000	3900	11000	13300	46000		5600	140	0	0	115,7
23.06.1997	11:00:00	10500	5930	15000	14500	110000		650	0	0	2,5	21
08.07.1997	09:10:00	8200	3719	11000	24600	24000		8900	79	0	0	76,3
22.07.1997	11:55:00	1282	485	930	1360	15000		613	50	2000		
05.08.1997	11:35:00	10400	18500	110000	30000	930000		8200	23	0	0	90,4
19.08.1997	13:00:00	15900	9840	43000	66670	43000		7570		0	1,6	60,5
01.09.1997	14:45:00	11900	22000	46000	37100	110000		8600	145	0	1,1	17,9
16.09.1997	13:40:00	26000	17000	75000	117000	150000		58000	79	0	0,5	148,5
29.09.1997	13:20:00	11600	19900	150000	106000	1100000		77000	0	0	0,5	79
14.10.1997	13:50:00	19700	13800	46000	40000	110000		20400	1300	0	0,5	73,6
28.10.1997	12:50:00	28000	15000	110000	150000	200000		76000	1700	0	0	29,5
11.11.1997	11:45:00	10500	4670	110000	27000	460000		7600	3100	0	0,6	107
25.11.1997	10:30:00	14000	10100	24000	5300	110000		2100	2000	0	0	36,3
09.12.1997	11:40:00	13900	6500	46000	25000	150000		6760	130	0	0	61,7
13.01.1998	10:50:00	5011	4007	11000	17700	46000		7300	2500	0	0	83,3

KA Hillesheim, Ablauf (P23)

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 26

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
-------	---------	-----------------	-----------------	----------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------------	--------------------------

KA Niederkassel, Ablauf (P24)

17.02.1997	14:00:00	10200	7240	240000	500000	240000		27000	110	0	2,1	6,2
17.03.1997	14:00:00	69100	44800	110000	150000	240000		95000	580	0	9,5	28,6
14.04.1997	13:15:00	7380	5240	4600	31300	7500		10600	700	0	3	50,3
12.05.1997	13:15:00	5230	5230	11000	25000	46000		7387	70	0	1,3	97
09.06.1997	13:30:00	47000	10500	46000	68000	460000		21000	1800	0	1,4	13
07.07.1997	14:00:00	15000	10400	150000	111000	46000		31000	220	0	0	70
18.08.1997	12:30:00	52000	35000	240000	102000	240000		161		0	0	36,7
15.09.1997	13:45:00	40200	19900	110000	110000	460000		22000	500	0	3,6	24,3
13.10.1997	14:00:00	20900	13400	240000	77000	1100000		16900	1500	0	2,8	57,7
11.11.1997	13:20:00	9811	6978	46000	53000	240000		2200	2300	0	0	38,5
08.12.1997	13:40:00	59800	39700	110000	3500000	1100000		101000	3200	0	0	64,4
19.01.1998	13:30:00	94800	83600	460000	650000	1500000		128000	7000	0	0	27,7

KA Hilberath, Zulauf (P25)

20.09.1999	09:30:00	730000	900000	2400000		24000000		1200000	300000	0	14,8	59348
08.11.1999	11:10:00	253000	257000	4300000	7100000	24000000		2720000	81000	0	53,6	13111
10.01.2000	14:00:00	240000	120000	240000	250000	1500000		120000	4700	0	0	0
17.04.2000	10:15:00	430000	170000	900000	630000	2300000		300000	3600	30000	44	48473
29.05.2000	11:50:00	13000	10500	9300000	4300000	9300000		4700000	26000	0	0	212

KA Hilberath, Ablauf (P26)

27.09.1999	11:10:00	4500	7000	930		11000		1400	1000	0	7,4	203
15.11.1999	09:30:00	2360	1820	24000	15700	23000		6300	190	100	5,8	306
17.01.2000	11:15:00	4800	6100	24000	22000	24000		4000	220	0	0	178
25.04.2000	09:30:00	800	570	15000	16000	93000		2500	420	0	0	158
05.06.2000	09:40:00	6700	4730	4300	11700	43000		4900	560	300	0	1407

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 27

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
KA Flerzheim, Zulauf (P27)												
11.10.1999	10:05:00	4800000	7800000	430000000		2400000000		12000000	200000	0	0	14971
22.11.1999	11:15:00	55000	120000	15000000	6300000	46000000		2500000	171000	0	0	82432
03.01.2000	10:45:00	890000	400000	430000000	9200000	93000000		3700000	151000	0	0	15987
14.02.2000	12:00:00	538000	280000	93000000	22000000	15000000		2000000	5000	200000	0	34337
13.03.2000	10:55:00	240000	330000	93000000	6200000	23000000		2100000	80000	0	0	27469
10.04.2000	12:25:00	108000	1200000	430000000	13800000	43000000		3100000	45000	40000	0	62046
15.05.2000	08:40:00	873000	927000	93000000	7700000	43000000		3800000	74000	0	103	42557
26.06.2000	12:10:00	2330000	1580000	730000000	7200000	93000000		2020000	110000	0	0	14420
24.07.2000	10:10:00	395000	386000	15000000	3770000	15000000		940000	42000	1000000	0	40353
21.08.2000	11:40:00	14000000	8900000	43000000	7300000	24000000		2450000	64000	0	17	38956

KA Flerzheim, Ablauf (P28)

12.10.1999	10:00:00	280	340	4300	2100	24000		670	60	0	0	3,3
23.11.1999	09:00:00	207	209	43000	19000	460000		11700	500	0	0	193
04.01.2000	09:45:00	1030	580	4300	3600	24000		1200	91	1000	0	137
15.02.2000	12:20:00	1070	820	4300	5400	9300		1120	340	0	0	37,8
14.03.2000	09:30:00	1010	530	4300	2770	21000		670	160	0	0	6,1
11.04.2000	12:30:00	430	160	9300	28000	24000		1200	90	0	0	8,9
16.05.2000	10:15:00	15000	12000	43000	11200	240000		10700	100	0	2,4	31
27.06.2000	08:50:00	270	950	1500	1225	24000		110	310	0	0	40,7
25.07.2000	09:10:00	156000	940	2300	4900	43000		1040	15	0	0	4,1
22.08.2000	10:15:00	2400	1600	4300	3600	9300		1100	105	0	0	45

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 28

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
KA Rheinbach, Zulauf (P30)												
11.10.1999	13:40:00	2650000	3100000	930000000		900000000		6600000	70000	0	0	60398
22.11.1999	13:30:00	57000	263000	7500000	9700000	46000000		2400000	95000	0	0	14345
03.01.2000	13:30:00	430000	200000	4300000	5900000	21000000		760000	57000	100000	0	8638
14.02.2000	10:45:00	1070000	445000	4300000	7800000	46000000		530000	16000	0	0	17354
13.03.2000	12:20:00	370000	170000	9300000	10700000	46000000		940000	65000	0	52,3	10412
10.04.2000	10:45:00	1500000	1090000	430000000	17900000	93000000		9100000	120000	0	0	33176
15.05.2000	13:00:00	620000	950000	15000000	7700000	43000000		2400000	188000	0	0	12277
26.06.2000	13:40:00	1200000	1140000	4300000	8100000	43000000		2030000	95000	0	0	9979
24.07.2000	12:05:00	1440000	1590000	9300000	6100000	15000000		2100000	69000	0	0	32420
21.08.2000	12:50:00	510000	1100000	7500000	4410000	43000000		1550000	70000	0	11,7	12620

KA Rheinbach, Ablauf (P31)

12.10.1999	13:55:00	410	430	900	520	2300		800	75	0	0	3,3
23.11.1999	12:05:00	204	377	24000	21700	46000		8400	1100	0	0	169
06.01.2000	12:10:00	240	70	2400	780	4600		540	59	0	0	2,9
15.02.2000	09:00:00	1230	670	15000	7500	15000		1340	1100	0	0	23,5
14.03.2000	12:30:00	320	65	90	90	2400		30	19	0	0	2
11.04.2000	09:15:00	1770	625	7500	2950	12000		500	74	0	0	3,4
16.05.2000	12:55:00	1300	1112	930	780	4300		670	14	0	0	0
27.06.2000	11:45:00	2140	240	930	500	2400		80	56	0	0	5,9
25.07.2000	12:15:00	2290	875	2300	6300	15000		1000	20	0	0	6,5
22.08.2000	12:40:00	1060	660	930	3300	2400		300	81	0	0	4,9

KA Miel, Zulauf (P32)

02.11.1999	10:20:00	23800	224000	930000	1260000	23000000		430000	29600	0	77,8	4549
06.12.1999	12:20:00	2780000	2400000	24000000	8600000	24000000		2300000	50000	0	151	54205
28.02.2000	13:45:00	560000	500000	9300000	16000000	24000000		2200000	135000	550000	0	21431
22.05.2000	10:40:00	105000	112000	9300000	9300000	24000000		2200000	48000	100000	0	19586
19.06.2000	10:10:00	150000	67000	15000000	11000000	240000000		3400000	220000	0	0	19130

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 29

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
KA Miel, Ablauf (P33)												
03.11.1999	09:20:00	4530	4130	23000	17800	43000	6100	420	0	0	0	10,2
07.12.1999	10:00:00	120	200	400	1970	4300	140	22	0	0	0	15
29.02.2000	10:15:00	365	555	9300	6600	24000	580	520	1000	0	0	14,1
23.05.2000	10:00:00	1015	760	750	3200	46000	670	107	0	0	0	132
20.06.2000	10:10:00	365	250	900	510	3900	380	262	0	0	0	0
KA Loch, Zulauf (P34)												
25.10.1999	13:30:00	92000	126000	24000000	12300000	24000000	910000	11000	1000	0	0	1301
17.01.2000	14:15:00	1010000	650000	9300000	4300000	43000000	2380000	87000	0	50	0	194658
03.04.2000	11:45:00	90300	138000	4600000	6200000	11000000	1680000	31000	0	0	0	7071
29.05.2000	10:50:00	2900000	3400000	7500000	7000000	43000000	990000	58000	0	0	0	1618
03.07.2000	12:50:00	321000	580000	4300000	7500000	43000000	430000	41000	100000	0	0	451
KA Loch, Ablauf (P35)												
26.10.1999	12:00:00	760	2050	15000	10000	93000	4500	11000	0	0	0	287
18.01.2000	10:05:00	13000	7900	1100000	280000	11000000	1000000	5500	10000	0	0	63
04.04.2000	09:15:00	2210	1660	75000	18700	150000	1270	790	0	0	0	35,3
30.05.2000	10:00:00	2500	18000	93000	95000	11000000	28000	1130	1000	0	0	211
04.07.2000	11:45:00	4110	7800	15000	22000	430000	1100	1600	1000	5,8	0	496
KA Heimerzheim, Zulauf (P36)												
21.09.1999	10:15:00	543000	1300000	46000000	110000000	4900000	800000	233	0	0	0	46696
09.11.1999	10:10:00	1230000	1350000	9300000	13000000	46000000	1840000	347000	0	69,5	0	43062
21.02.2000	11:20:00	240000	210000	4600000	8000000	46000000	1600000	110000	100000	0	0	35926
02.05.2000	10:45:00	1590000	890000	9300000	14500000	15000000	3400000	140000	0	59	0	80862
11.07.2000	10:30:00	1150000	1500000	4300000	17400000	43000000	4700000	230000	450000	0	0	47407

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Routineproben)

Datenanhang 30

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
-------	---------	-----------------	-----------------	----------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------------------	--------------------------

KA Heimerzheim, Ablauf (P37)

27.09.1999	13:50:00	2600	1480	430		2400		12000	1000	0	7,6	226
15.11.1999	12:45:00	1510	1870	2400	3400	11000		2600	560	0	0	46,3
28.02.2000	10:50:00	1025	250	2400	2500	26500		1500	1300	1000	0	148
08.05.2000	08:45:00	2400	5600	2400	2200	46000		1300	340	0	0	433
17.07.2000	12:45:00	1600	1300	4300	9500	46000		4900	640	0	0	330

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Ereignisproben)

Datenanhang 31

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken /100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
09.10.1997	08:30:00	10600	849	650	42000	620	0	0	0	0	10,4	0
09.10.1997	11:00:00	6230	568	240	22300	270	0	10000	0	0	13,3	0
09.10.1997	15:00:00	2970	316	150	12200	250	0	0	0	0	26,6	0
12.12.1997	13:40:00	10629	305	220	8800	0	82	0	0	0	11,4	0
12.12.1997	16:10:00	3480	327	100	13300	130	110	0	0	0	0	0
12.12.1997	20:15:00	1704	426	100	11800	110	155	0	0	0	35,5	0
12.12.1997	23:05:00	2956	285	190	9400	70	120	0	0	0	9,9	0

Nauholzbach Pegel (P01)

09.10.1997	09:30:00	77000	5700	9400	15000	7400	430	0	0	0	147,1	0
09.10.1997	09:30:00										48,4	13,8
09.10.1997	12:00:00	13000	5000	5600	88000	77000	1800	100000			49,8	10
09.10.1997	13:25:00										25,2	12,6
09.10.1997	15:20:00										18,2	9,1
10.10.1997	06:05:00										28,7	14,3
10.10.1997	07:45:00	17300	8010	13700	120000	10400	320	0	0	0	17,3	0
10.10.1997	09:20:00	37400	14700	34500	340000	13600	330	0	0	0	7,4	0
10.10.1997	10:20:00	41200	9720	33300	48000	14300	170	0	0	0	6,9	3,5
10.10.1997	11:15:00	40100	10200	27000	1180000	14100	610	0	0	0	3,3	16,5
11.12.1997	09:30:00	15800	6500	12800	60000	6400	2500	0	0	0	16,8	21,6
11.12.1997	10:30:00										3	12,2
11.12.1997	11:30:00										6,7	20,1
11.12.1997	12:30:00										5,9	14,7

Wahnbach Pegel (P02)

05.02.1997	09:30:00	77000	5700	9400	15000	7400	430	0	0	0	147,1	0
09.10.1997	09:30:00										48,4	13,8
09.10.1997	12:00:00	13000	5000	5600	88000	77000	1800	100000			49,8	10
09.10.1997	13:25:00										25,2	12,6
09.10.1997	15:20:00										18,2	9,1
10.10.1997	06:05:00										28,7	14,3
10.10.1997	07:45:00	17300	8010	13700	120000	10400	320	0	0	0	17,3	0
10.10.1997	09:20:00	37400	14700	34500	340000	13600	330	0	0	0	7,4	0
10.10.1997	10:20:00	41200	9720	33300	48000	14300	170	0	0	0	6,9	3,5
10.10.1997	11:15:00	40100	10200	27000	1180000	14100	610	0	0	0	3,3	16,5
11.12.1997	09:30:00	15800	6500	12800	60000	6400	2500	0	0	0	16,8	21,6
11.12.1997	10:30:00										3	12,2
11.12.1997	11:30:00										6,7	20,1
11.12.1997	12:30:00										5,9	14,7

Mikrobiologische und Parasitologische Untersuchungen (Ereignisproben)

Datenanhang 32

Datum	Uhrzeit	KBE/ml bei 20°C	KBE/ml bei 37°C	E coli MPN/100 ml	E coli (CC) KBE/100 ml	Coliforme MPN/100 ml	Colif. (Endo) KBE/100 ml	Fäkalstrepto- kokken/100 ml	Clostridien KBE/100 ml	Yersinien KBE/100 ml	Cryptosporidien Oocysten/100 L	Giardien Cysten/100 L
12.02.1997	10:00:00	10300	27400	1500	10000	1400	900	20000	65,6	0		
12.02.1997	12:00:00	54800	3110	600	1000	570	70	40000	37,7	0		
12.02.1997	14:00:00	71000	2250	360	1000	380	310	1000	9,9	0		
12.02.1997	16:00:00	50500	2350	200	1000	440	496	2000	12,5	0		
12.02.1997	18:00:00	64000	2400	290	1000	130	240	0	11	0		
19.03.1997	13:35:00	12200	5550	1600	46000	550	250	0	32,5	6,5		
19.03.1997	15:30:00	114000	14100	1900	63000	480	190	0	28,3	2,6		
19.03.1997	17:30:00	43200	11800	2000	25000	460	510	0	18,7	0		
19.03.1997	19:30:00	49600	37000	1200	23000	560	270	0	9	21		
19.03.1997	21:30:00	57500	10200	1300	19800	540	120	0	6	1,5		
09.10.1997	10:30:00	13100	2610	3800	39000	4600	120	0	14,3	2,3		

Ablauf Regenüberlaufbecken II, Flerzheim (P29)

19.10.2000	12:55:00	850000	720000	1100000	1500000	11000000	46000	0	12	1929
------------	----------	--------	--------	---------	---------	----------	-------	---	----	------

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 33

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
20.01.1997	11:05:00	0,35	0	0	9,1	0,06	0,01	0	0		
17.02.1997	10:45:00	0,1	0	0	8,9	0	0	0	0		
03.03.1997	08:15:00	0,2	0	0	8,2	0	0	0	0		
01.04.1997	08:10:00	0,18	0	0	7	0	0	0	0		
30.04.1997	08:10:00	0,2	0	0	8,49	0	0	0	0		
26.05.1997	08:30:00	0,3	0	0	6,1	0	0	0	0		
23.06.1997	08:30:00	0,45	0	0	3,9	0,1	0	0	0		
07.07.1997	08:30:00	0,4	0	0	5,9	0	0	0	0		
04.08.1997	08:15:00	0,4	0	0	5,8	0	0,04	0	0		
02.09.1997	08:15:00	0,6	0	0,02	3,1	0	0	0	0,04		
29.09.1997	08:20:00	0,4	0	0	0,6	0	0	0	0		
13.10.1997	08:05:00	0,2	0	0	7,2	0	0	0	0		
27.10.1997	08:20:00	0,6	0	0	5,6	0	0,05	0	0,03		
10.11.1997	08:15:00	0,55	0	0	9,9	0	0	0	0		
24.11.1997	08:15:00	0,4	0	0	8,7	0	0	0	0		
15.12.1997	10:40:00	0,23	0	0	10,9	0	0	0	0		

Nauholzbach Pegel (P01)

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 34

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
07.01.1997	11:05:00	1,3	1,46	0,2	21,7		0,5	0,2	0,22		
22.01.1997	12:45:00	1,98	1	0,1	21,9		0,4	0,13	0,1		
18.02.1997	12:00:00	3	0,3	0	25		0,1	0,2	0		
05.03.1997	11:00:00	0,8	0,14	0,24	21,6		0,1	0	0,06		
18.03.1997	11:30:00	0,9	0,1	0,2	17		0	0	0,1		
01.04.1997	10:30:00	0,6	0,03	0,1	21,5		0,2	0,1	0,05		
15.04.1997	10:20:00	0,8	0,04	0,1	23,6		0,2	0,08			
29.04.1997	09:10:00	0,9	0,15	0,2	15,9		0,5	0,2	0,14		
13.05.1997	08:15:00	2,4	0,08	0,03	23,1		0,2	0,5	0,09		
27.05.1997	09:00:00	1,5	0,03	0,08	21,5		0,06	0	0,08		
10.06.1997	07:40:00	2,3	0,03	0,09	16,5		0,4	0,09	0,17		
23.06.1997	09:00:00	1,9	0	0,06	21,8		0,2	0,1	0,11		
08.07.1997	09:10:00	0,9	0	0,05	13,6		0,34	0	0,1		
22.07.1997	11:05:00	1,5	0	0,08	13,2		0,37	0,62	0,13		
05.08.1997	09:15:00	1,2	0	0,04	12,7		0,4	0,09	0,11		
19.08.1997	10:20:00	1,3	0	0,03	7,7		0,7	0,1	0,2		
01.09.1997	12:30:00	3,9	0	0,05	8,3		0,7	0,2	0,19		
16.09.1997	11:40:00	2,3	0	0,4	7,5		1	0,5	0,23		
29.09.1997	11:20:00	3,9	0	0,02	5,4		0,9	0,3	0,27		
14.10.1997	11:40:00	1,7	0	0,06	10,4		0,35	0,03	0,11		
28.10.1997	10:30:00	0,78	0	0	24,1		0,4	0,1	0,17		
11.11.1997	09:40:00	1,4	0	0,11	12,4		0,3	0,1	0,17		
25.11.1997	07:30:00	1	0	0,07	14,7		0,3	0,07	0,12		
09.12.1997	09:40:00	0,63	0,16	0,09	15,5		0,46	0,1	0,1		
13.01.1998	08:45:00	0,25	0,08	0,1	33,9		0,09	0,04	0,05		

Wahnbach Pegel (P02)

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 35

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------------	--------------	-------------------	------------

Entenpfuhl (P03)

12.02.1997	09:15:00	2,4	0,25	0	4,5	0	0	0,06	0,2		
08.04.1997	11:10:00	2	0	0	2,4	0	0	0	0,09		
03.06.1997	09:55:00	9,6	0	0	4,6	0,2	0,2	0,2	0,51		
26.08.1997	09:45:00	11,4	0	0	5,3	0	0	0	0,2		
04.11.1997	10:05:00	2,3	0	0	1	0	0	0	0,12		

Hoscheit (P04)

12.02.1997	10:10:00	3	0,57	0,07	14,4	0	0	0	0,16		
03.06.1997	12:15:00	1,1	0	0	14,6	0	0	0	0,11		
26.08.1997	11:45:00	1,8	0	0,03	15	0	0	0	0,08		
04.11.1997	12:05:00	0,8	0	0	6,5	0	0	0	0,07		

Bruchgraben (P05)

28.01.1997	13:00:00	0,6	0,05	0	17,2	0	0	0	0,05		
25.03.1997	12:00:00	0,43	0,08	0,05	19,5	0	0	0	0,06		
01.07.1997	11:50:00	0,5	0	0	14,9	0	0	0	0,06		
29.07.1997	00:00:00	0,2	0	0,03	16,9	0	0,06	0,06	0,06		
07.10.1997	11:05:00	0,55	0	0,28	7	0,07	0	0	0,06		
16.12.1997	11:50:00	0,35	0	0,03	24,3	0	0	0	0,04		

Fischbach (P06)

28.01.1997	10:40:00	0,4	0,06	0	17,5	0	0	0	0,05		
25.03.1997	10:00:00	0,95	0,09	0,06	20,2	0	0	0	0,04		
01.07.1997	09:50:00	3	0	0	13,1	0	0	0	0,08		
29.07.1997	00:00:00	0,8	0	0,02	15,4	0	0	0	0,08		
07.10.1997	09:05:00	0,55	0,21	0,12	2,6	0,2	0,07	0,07	0,05		
16.12.1997	10:00:00	0,33	0	0,04	27,9	0	0	0	0,05		

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 36

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------------	--------------	-------------------	------------

Kall vor Paustenbach (P07)

15.07.1997	00:00:00	2,8	0,31	0,09	12,4		0	0	0,12		
23.09.1997	11:55:00	1	0	0	12		0	0	0,08		
02.12.1997	10:55:00	1,8	0,05	0,05	13,5		0	0	0,09		
06.01.1998	12:45:00	1,6	0	0	14,7		0,05	0,2	0,06		

Paustenbach (P08)

25.02.1997	12:20:00	1,1	0,17	0	14,1		0	0,05	0		
22.04.1997	08:50:00	0,4	0,04	0,03	11,8		0	0,06			
17.06.1997	08:30:00	0,6	0	0	8,1		0	0	0,06		
15.07.1997	00:00:00	2,1	0,4	0,03	9,9		0	0	0,1		
23.09.1997	09:50:00	0,55	0	0	7,5		0	0	0,08		
02.12.1997	08:50:00	0,8	0	0	9,3		0	0	0,07		

Roßbach (P09)

12.08.1997	09:55:00	0,4	0	0	24,8		0	0	0,03		
21.10.1997	09:55:00	0,38	0	0	20,7		0	0	0,07		
06.01.1998	10:10:00	1	0,05	0,3	23,9		0,1	0,09	0,04		

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 37

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
14.01.1997	10:15:00	0,58	0,1	0	9,8	0	0	0,09	0,05		
28.01.1997	10:05:00	0,7	0,16	0	14,1	0	0	0	0,08		
25.02.1997	09:45:00	2,6	0,16	0	11,7	0	0	0	0,11		
11.03.1997	10:05:00	0,6	0	0	18,2	0	0	0	0,04		
25.03.1997	10:30:00	1,1	0	0,02	15,5	0	0	0	0,05		
08.04.1997	10:10:00	0,8	0,08	0,03	17,3	0,04	0,04	0,1	0,04		
22.04.1997	10:35:00	0,6	0	0	17	0	0	0	0,05		
06.05.1997	09:05:00	1,2	0	0	15,9	0	0	0	0,08		
20.05.1997	10:45:00	0,9	0	0	13,8	0	0	0	0,08		
03.06.1997	09:20:00	0,6	0	0	15,7	0	0	0	0,1		
17.06.1997	09:15:00	1,3	0,03	0,04	11,4	0	0	0	0,08		
01.07.1997	09:45:00	2,5	0	0	8,1	0	0	0	0,11		
15.07.1997	00:00:00	2,5	0,19	0,07	12,6	0	0	0	0,11		
29.07.1997	09:00:00	1,6	0	0,02	14,2	0	0,04	0,04	0,09		
12.08.1997	10:15:00	1,2	0	0,02	17,3	0	0	0	0,07		
26.08.1997	00:00:00	0,2	0	0	13,2	0	0	0	0,06		
02.09.1997	08:40:00	4,3	0,18	0,09	10,1	0	0	0	0,11		
09.09.1997	12:10:00	1,3	0	0	13	0	0	0	0,09		
23.09.1997	09:40:00	0,68	0	0	14,6	0	0	0	0,08		
07.10.1997	09:00:00	0,33	0	0	10,4	0	0	0	0,04		
21.10.1997	09:30:00	0,85	0	0	11,4	0	0	0	0,05		
04.11.1997	11:00:00	0,3	0	0	11,3	0	0	0	0,06		
18.11.1997	09:40:00	0,83	0	0	11,6	0	0,07	0,07	0,05		
02.12.1997	10:35:00	1,7	0,08	0,05	14,3	0	0	0	0,08		
16.12.1997	11:25:00	0,65	0	0,02	22,2	0	0	0	0,05		
06.01.1998	10:00:00	1,4	0	0	17,1	0,05	0,04	0,04	0,05		
20.01.1998	09:45:00	0,3	0,09	0	12,4	0,05	0	0	0,09		

Kall Pegel (P10)

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 38

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
Domäne-Drainage (P11)											
25.02.1997	10:25:00	4,1	0,17	0,03	42,2		0,3	0,1	0,16		
22.04.1997	11:15:00	1,1	0	0,02	50		0	0	0,07		
17.06.1997	10:45:00	1,1	0,04	0,04	39,3		0	0	0,07		
09.09.1997	11:30:00	1,7	0	0,04	21,8		0	0	0,07		
18.11.1997	10:35:00	2,6	0	0,02	22,4		0	0	0,08		

Keltzerbach li Arm (P12)

09.09.1997	09:05:00	0,63	0	0	5,8		0	0	0,06		
18.11.1997	08:30:00	0,98	0	0	9,9		0	0	0,06		
20.01.1998	12:20:00	0,48	0,09	0,07	12,6		0,04	0	0,08		

Keltzerbach (P13)

14.01.1997	12:35:00	0,33	0	0	8,5		0	0,06	0,03		
11.03.1997	10:00:00	0,5	0	0	20,4		0	0	0,04		
06.05.1997	12:10:00	1,4	0,05	0,06	13,9		0	0,03	0,07		
20.05.1997	13:10:00	0,7	0	0	17,2		0	0	0,11		
12.08.1997	12:10:00	0,5	0	0	13,8		0	0	0,04		
21.10.1997	12:00:00	0,65	0	0	11,4		0,3	0,05	0		
20.01.1998	10:00:00	0,38	0	0,04	15,8		0,03	0	0,06		

Swist, oberhalb Holzweiler (Esch) (P14)

07.09.1999	12:30:00					1				14	15
14.12.1999	11:00:00					1,7				10	19
17.04.2000	11:30:00					1,7				15	19
05.06.2000	13:00:00					1				10	15

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 39

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------------	--------------	-------------------	------------

Swist, oberhalb KA Flerzheim (Lüftelberg) (P15)

13.09.1999	12:55:00					1,1			18	15	
30.11.1999	11:00:00					1,4			15,2	15	
20.03.2000	11:45:00					1,1			10	15	
10.07.2000	09:15:00					2,5			20	36	

Sürstbach, oberhalb KA Loch (P16)

25.10.1999	10:00:00					1,4			10	17	
03.07.2000	10:30:00					2,2			69	22	

Sürstbach, unterhalb KA Loch (P17)

26.10.1999	09:30:00					1,4			10	29	
04.07.2000	09:45:00					3,4			33	26	

Swist, unterhalb KA Flerzheim (Müttinghoven) (P18)

13.09.1999	09:50:00					1,4			10	19	
29.11.1999	10:45:00					2,5			13,6	17	
20.03.2000	08:45:00					1,1			10	15	
10.07.2000	13:00:00					1,7			18	26	

Wallbach, an Kreisstraße 52 (P19)

18.10.1999	10:45:00					2			10	15	
25.04.2000	13:00:00					2			11	15	

Swist, unterhalb KA Miel, oberhalb B56 (Miel) (P20)

19.10.1999	14:25:00					2,2			10	15	
10.01.2000	11:05:00					1,96			10	15	
22.05.2000	12:00:00					2			10	15	
19.06.2000	11:10:00					1,1			10	22	

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 40

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------------	--------------	-------------------	------------

Swist, oberhalb KA Heimerzheim (Dünstekoven) (P21)

04.10.1999	12:50:00					2,2				26,4	15
24.01.2000	14:05:00					1,1				10	15
13.06.2000	10:00:00					1				10	17
17.07.2000	10:20:00					1				23	15

Swist, unterhalb KA Heimerzheim (Heimerzheim) (P22)

05.10.1999	10:00:00					1,4				40,8	15
24.01.2000	10:40:00					1,7				10	15
13.06.2000	12:45:00					1				10	17
18.07.2000	10:40:00					1				18	15

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 41

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
07.01.1997	13:30:00	3,6	35,1	0,07	3,4		16,5	5,4	2,4		
22.01.1997	15:45:00	6,05	26	0,1	5,2		14,5	4,7	0,89		
05.02.1997	13:55:00	2,33	1,8	0,5	75,1		9,3	3,8	1,21		
18.02.1997	13:40:00	1,7	2	0,1	59,9		5,8	2,1	0,36		
05.03.1997	14:00:00	2,4	0,9	1,06	33,7		9,3	2,9	0,73		
18.03.1997	13:50:00	2,7	0,9	0,4	3		9,2	3,5	1,02		
01.04.1997	12:40:00	2,5	0,65	0,4	12,6		9,2	3,7	0,91		
15.04.1997	12:25:00	2,8	0,6	0,3	6,9		8,5	3,3	1,1		
29.04.1997	11:10:00	2,8	1,1	0,3	5,53		8,4	3,2	1,18		
13.05.1997	10:15:00	2,5	0,3	0,04	9,4		7,5	3,2	0,87		
27.05.1997	11:20:00	2,9	0,21	0,2	34,6		6,8	3,1	0,96		
10.06.1997	09:35:00	2,6	0,2	0,2	14,9		14	4	1,2		
23.06.1997	11:00:00	2,5	0,3	0,2	54,9		9,7	4,2	1,13		
08.07.1997	09:10:00	2,2	0,23	0,18	5,2		14,1	0,69	1,3		
22.07.1997	11:55:00	2,4	0,29	0,45	16,6		7,1	4,6	1,2		
05.08.1997	11:35:00	2,3	0,26	0,14	13,7		7,2	3,8	1,2		
19.08.1997	13:00:00	2,7	0,42	0,14	4,8		10,2	3,2	1,5		
01.09.1997	14:45:00	3,2	0,65	0,3	26,9		10,4	4,6	1,5		
16.09.1997	13:40:00	3,1	0,64	0,4	26,8		12,6	5,4	1,7		
29.09.1997	13:20:00	4,1	1,1	0,21	14,3		8,3	6,5	1,6		
14.10.1997	13:50:00	2	0,62	0,33	4,3		10,4	4	0,93		
28.10.1997	12:50:00	2,9	1,1	0,84	30,8		12,9	6,3	1,4		
11.11.1997	11:45:00	3	0,44	0,2	6,4		8,7	6,3	1,4		
25.11.1997	10:30:00	2,8	1,2	1,8	5,4		19,7	8,3	1,1		
09.12.1997	11:40:00	3	0,33	0,6	24,1		18,7	6,1	0,98		
13.01.1998	10:50:00	0,6	0,81	0,3	4,1		10,9	4,1	0,82		

KA Hillesheim, Ablauf (P23)

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 42

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------------	--------------	-------------------	------------

KA Niederkassel, Ablauf (P24)

17.02.1997	14:00:00	1,6	24,3	0,39	7,7		0,3	0,2	1,18		
17.03.1997	14:00:00	2,4	5,5	0,3	9		5,1	1,8	1,46		
14.04.1997	13:15:00	2,4	4	0,2	6		3,3	1,1	0,7		
12.05.1997	13:15:00	2,1	3,7	0,23	9,7		1	0,6	1,2		
09.06.1997	13:30:00	1,2	0,5	0,3	6,5		1,1	0,2	0,36		
07.07.1997	14:00:00	1,4	3	0,39	5,2		0,53	0,55	1,6		
18.08.1997	12:30:00	2,3	5,7	0,28	6,4		0,4	0,1	1,8		
15.09.1997	13:45:00	2	2,4	0,3	7,2		3,3	1,3	1,9		
13.10.1997	14:00:00	0,93	2,4	0,15	2,1		1	0,3	0,68		
11.11.1997	13:20:00	1,6	0,45	0,86	15,4		0,5	0,2	1,3		
08.12.1997	13:40:00	1,8	7,9	0,74	7,1		7,2	0,74	1		
19.01.1998	13:30:00	0,53	9,3	0,2	24,2		5	1,5	1,1		

KA Hilberath, Zulauf (P25)

20.09.1999	09:30:00					53,8				115	619
08.11.1999	11:10:00					42				250	794
10.01.2000	14:00:00					11,5				76	317
17.04.2000	10:15:00					35,3				264	394
29.05.2000	11:50:00					61,6				86	384

KA Hilberath, Ablauf (P26)

27.09.1999	11:10:00					1,4				32	15
15.11.1999	09:30:00					2				10	15
17.01.2000	11:15:00					1,4				10	20
25.04.2000	09:30:00					1				13	15
05.06.2000	09:40:00					1				10	15

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 43

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------------	--------------	-------------------	------------

KA Flerzheim, Zulauf (P27)

11.10.1999	10:05:00					70,6				327	564
22.11.1999	11:15:00					60,5				248	782
03.01.2000	10:45:00					67,2				388	739,2
14.02.2000	12:00:00					35,3				319	480
13.03.2000	10:55:00					50,4				270	866
10.04.2000	12:25:00					49,3				320	480
15.05.2000	08:40:00					61				240	509
26.06.2000	12:10:00					45,9				288	427
24.07.2000	10:10:00					13,4				171	230
21.08.2000	11:40:00					21,8				108	247

KA Flerzheim, Ablauf (P28)

12.10.1999	10:00:00					2,5				10	15
23.11.1999	09:00:00					2				10	17
04.01.2000	09:45:00					1,96				33	15
15.02.2000	12:20:00					1,7				10	15
14.03.2000	09:30:00					2				10	19
11.04.2000	12:30:00					1,7				10	15
16.05.2000	10:15:00					2,2				10	26
27.06.2000	08:50:00					3,4				10	24
25.07.2000	09:10:00					1				10	19
22.08.2000	10:15:00					1				10	15

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 44

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
KA Rheinbach, Zulauf (P30)											
11.10.1999	13:40:00					38,6				214	655
22.11.1999	13:30:00					17,4				248	466
03.01.2000	13:30:00					47,6				277	739
14.02.2000	10:45:00					37,5				155	432
13.03.2000	12:20:00					36,4				80	526
10.04.2000	10:45:00					39,2				286	586
15.05.2000	13:00:00					45,4				181	778
26.06.2000	13:40:00					44,2				189	542
24.07.2000	12:05:00					16,8				133	326
21.08.2000	12:50:00					16,8				113,3	240

KA Rheinbach, Ablauf (P31)

12.10.1999	13:55:00					2,2				10	22
23.11.1999	12:05:00					2,2				10	15
06.01.2000	12:10:00					1,96				23	15
15.02.2000	09:00:00					2,2				10	15
14.03.2000	12:30:00					1,4				10	19
11.04.2000	09:15:00					2,5				10	15
16.05.2000	12:55:00					1				10	15
27.06.2000	11:45:00					2,2				10	19
25.07.2000	12:15:00					1				10	15
22.08.2000	12:40:00					1				10	15

KA Miel, Zulauf (P32)

02.11.1999	10:20:00					17,4				13,6	31
06.12.1999	12:20:00					66,1				220,4	775
28.02.2000	13:45:00					42,6				249	922
22.05.2000	10:40:00					28,6				28	41
19.06.2000	10:10:00					73,9				509	1124

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 45

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtposphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	----------------------	--------------	-------------------	------------

KA Miel, Ablauf (P33)

03.11.1999	09:20:00					1,4			10	15	
07.12.1999	10:00:00					2,2			12,8	15	
29.02.2000	10:15:00					2			10	20	
23.05.2000	10:00:00					1,7			10	22	
20.06.2000	10:10:00					1			10	15	

KA Loch, Zulauf (P34)

25.10.1999	13:30:00					45,4			168	665	
17.01.2000	14:15:00					37			185	417,6	
03.04.2000	11:45:00					16,8			34,4	173	
29.05.2000	10:50:00					45,9			263	557	
03.07.2000	12:50:00					42,6			1509	359	

KA Loch, Ablauf (P35)

26.10.1999	12:00:00					1,96			10	43	
18.01.2000	10:05:00					15,7			10,4	28,8	
04.04.2000	09:15:00					1,7			10	15	
30.05.2000	10:00:00					2			10	34	
04.07.2000	11:45:00					2,2			18	15	

KA Heimerzheim, Zulauf (P36)

21.09.1999	10:15:00					72,2			1336	2304	
09.11.1999	10:10:00					79,5			420	1250	
21.02.2000	11:20:00					55,2			199	850	
02.05.2000	10:45:00					69,4			232	288	
11.07.2000	10:30:00					60,5			379	511	

Physikalische und chemische Parameter (Routineproben)

Datenanhang 46

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtposphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
-------	---------	-------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	----------------------	--------------	-------------------	------------

KA Heimerzheim, Ablauf (P37)

27.09.1999	13:50:00					2				28,8	15
15.11.1999	12:45:00					2,2				10	15
28.02.2000	10:50:00					1,7				10	19,2
08.05.2000	08:45:00					2,5				10	15
17.07.2000	12:45:00					1				10	15

Physikalische und chemische Parameter (Ereignisproben)

Datenanhang 47

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
09.10.1997	08:30:00	1,3	0	0	8,8	0	0	0,07	0,03		
09.10.1997	11:00:00	0,85	0	0	10,6	0	0	0,04	0		
09.10.1997	15:00:00	0,48	0	0	8,8	0	0	0,04	0		
12.12.1997	13:40:00	0,48	0	0	13,9	0	0	0	0,04		
12.12.1997	16:10:00	0,53	0	0	13,6	0	0	0	0,03		
12.12.1997	20:15:00	0,55	0	0	12,9	0	0	0	0		
12.12.1997	23:05:00				0						

Nauholzbach Pegel (P01)

Wahnbach Pegel (P02)

05.02.1997	09:30:00	1,28	1,7	0,09	14,8	0,5	0,2	0,2	0,35		
09.10.1997	09:30:00	2,2	0	0	4,3	0,8	0,5	0,5	0,2		
09.10.1997	12:00:00										
09.10.1997	13:25:00										
09.10.1997	15:20:00										
10.10.1997	06:05:00										
10.10.1997	07:45:00	2,6	0,1	0,08	8,9	0,5	0,5	0,5	0,16		
10.10.1997	09:20:00	2,5	0,16	0,1	8,5	0,4	0,2	0,2	0,16		
10.10.1997	10:20:00	1,2	0,21	0,11	8,5	0,5	0,1	0,1	0,15		
10.10.1997	11:15:00	2,5	0,19	0,11	7,9	0,5	0,2	0,2	0,16		
11.12.1997	09:30:00	1,2	0	0,14	20,1	0,17	0,04	0,04	0,1		
11.12.1997	10:30:00				0						
11.12.1997	11:30:00				0						
11.12.1997	12:30:00				0						

Physikalische und chemische Parameter (Ereignisproben)

Datenanhang 48

Datum	Uhrzeit	Färbung m/1	Ammonium (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Kjeldahl-N (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamtphosphat (mg/l)	Borat (mg/l)	abf Stoffe (mg/l)	CSB (mg/l)
Kall Pegel (P10)											
12.02.1997	10:00:00	3,1	0,44	0,13	15,4		0	0,2	0,14		
12.02.1997	12:00:00	2,1	0,46	0,1	14,6		0	0	0,18		
12.02.1997	14:00:00	2,2	0,43	0,08	14,5		0	0,3	0,12		
12.02.1997	16:00:00	2,1	0,41	0,07	14,7		0	0,1	0,12		
12.02.1997	18:00:00	2,2	0,39	0,06	14,4		0	0,1	0,1		
19.03.1997	13:35:00	3,3	0,1	0,07	8		0	0,05	0,08		
19.03.1997	15:30:00	3,5	0,1	0,07	7,7		0	0,04	0,08		
19.03.1997	17:30:00	3,8	0,1	0,07	7,8		0	0	0,09		
19.03.1997	19:30:00	3,8	0,1	0,06	7,6		0	0,1	0,11		
19.03.1997	21:30:00	3,5	0,1	0,05	8,1		0	0	0,08		
09.10.1997	10:30:00	1,2	0	0	3,6		0	0	0,15		

Ablauf Regenüberlaufbecken II, Flerzheim (P29)

19.10.2000 12:55:00

7,8

17,6

15