

Vorkommen von *Campylobacter* spp.  
in Oberflächengewässern  
– Eintragspfade, Nutzungskonflikte und  
Gesundheitsgefährdung –

Dissertation  
zur  
Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)  
der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der  
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von  
Andrea Rechenburg  
aus  
Kranenburg  
Bonn, 2008

---

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

1. Gutachter: PD Dr. med. Thomas Kistemann (MA)
2. Gutachter: Prof. Dr. Bernd Dieckrüger

Tag der mündlichen Prüfung: 10.07.2008

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der Universität Bonn unter  
[http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss\\_online](http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online) elektronisch publiziert (Erscheinungsjahr 2009)

---

„Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser - aus Wasser  
ist alles, und in Wasser kehrt alles zurück“  
Thales von Milet (etwa 625–545 v. Chr.)

---

---

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Zusammenfassung .....  | I  |
| 1. Einleitung.....   | 1  |
| 1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung .....                               | 3  |
| 2. Bedeutung von Campylobacter als humanpathogener Mikroorganismus ..... | 5  |
| 2.1 Biologie der Campylobacter .....                                     | 5  |
| 2.2 Pathogenese und Krankheitsbilder.....                                | 6  |
| 2.2.1 Pathogenese .....  | 6  |
| 2.2.2 Krankheitsbilder.....  | 7  |
| 2.2.3 Folgekrankheiten.....  | 8  |
| 2.3 Vorkommen in der Umwelt.....   | 9  |
| 2.3.1 Überlebensfähigkeit.....   | 9  |
| 2.4 Übertragungswege .....   | 10 |
| 2.5 Internationale Bedeutung der wasserbedingten Campylobacteriose.....  | 11 |
| 2.6 Bedeutung der Campylobacteriose in Deutschland.....                  | 13 |
| 3. Die untersuchten Einzugsgebiete und Kläranlagen.....                  | 17 |
| 3.1 Überblick über die vier Einzugsgebiete .....                         | 18 |
| 3.1.1 Nauholzbach .....  | 18 |
| 3.1.2 Kall .....   | 22 |
| 3.1.3 Wahnbach .....   | 27 |
| 3.1.4 Swist.....   | 32 |
| 3.2 Kläranlagen .....  | 38 |
| 3.3 Probenahmestellen .....  | 44 |
| 3.3.1 Pegelprobenahmestellen.....  | 45 |
| 3.3.2 Probenahmestellen in den Einzugsgebieten .....                     | 45 |
| 3.3.3 Probenahmestellen an den Kläranlagen.....                          | 48 |
| 3.3.4 Ausgewählte Regentlastungsanlagen .....                            | 49 |
| 4. Material und Methoden.....  | 53 |
| 4.1 Probenahme.....  | 53 |
| 4.2 Probenahmeregime.....  | 53 |

---

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.2.1 | Zeitliches Probenahmeregime für Regelproben in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Kall, Wahnbach und Swist .....             | 53  |
| 4.2.2 | . Kriterien für niederschlags- und abflussbezogene Probenahmen in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Wahnbach und Kall ..... | 55  |
| 4.2.3 | Kriterien für niederschlagsbezogene Probenahmen am Regenüberlaufbecken Fierzheim und dem Stauraumkanal Loch .....          | 56  |
| 4.2.4 | Technik zur Realisierung automatischer Beprobungen im Entlastungsfall .....  | 57  |
| 4.2.5 | Vor Ort bestimmte Parameter.....   | 58  |
| 4.2.6 | Abflussmessung nach FISCHER (Fließgewässer) .....  | 59  |
| 4.2.7 | Dokumentation der Probenahme.....  | 59  |
| 4.3   | Physikalische und chemische Wasseruntersuchungen.....  | 59  |
| 4.4   | Bakteriologische Wasseruntersuchungen .....  | 60  |
| 4.4.1 | <i>Campylobacter</i> spp. ....   | 61  |
| 4.4.2 | Indikatorparameter .....   | 62  |
| 4.5   | Datenauswertung .....  | 63  |
| 4.5.1 | Korrelationsberechnungen .....   | 64  |
| 5.    | Ergebnisse .....   | 67  |
| 5.1   | Vorkommen von <i>Campylobacter</i> unter Trockenwetterbedingungen.....   | 67  |
| 5.1.1 | <i>Campylobacter</i> konzentrationen in Fließgewässern.....  | 67  |
| 5.1.2 | <i>Campylobacter</i> konzentrationen im Abwasser .....   | 71  |
| 5.2   | Vorkommen hygienisch-mikrobiologischer Indikatorparameter unter Trockenwetterbedingungen.....                              | 74  |
| 5.2.1 | Indikatorparameter in Fließgewässern .....   | 74  |
| 5.2.2 | Indikatorparameter im Abwasser .....   | 81  |
| 5.3   | Reduktionsleistung für <i>Campylobacter</i> spp. der Kläranlagen.....  | 86  |
| 5.4   | <i>Campylobacter</i> konzentrationen in Gewässern und Kläranlagenabflüssen bei Starkregenereignissen .....                 | 89  |
| 5.4.1 | Fließgewässer ohne Kläranlagenbeeinflussung .....  | 89  |
| 5.4.2 | Abschlagsereignisse an Kläranlagen .....   | 92  |
| 5.5   | Vorkommen hygienisch-mikrobiologischer Indikatorparameter in Gewässern und Kläranlagenabflüssen bei Regenereignissen ..... | 94  |
| 5.5.1 | Fließgewässer ohne Kläranlagenbeeinflussung .....  | 94  |
| 5.5.2 | Abschlagsereignisse an Kläranlagen .....   | 97  |
| 5.6   | Korrelationen zwischen <i>Campylobacter</i> und Indikatorparametern in den Fließgewässern.....                             | 100 |

---

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.6.1 | Korrelationen von Campylobacter mit hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern ..... | 100 |
| 5.6.2 | Korrelationen von Campylobacter mit chemisch-physikalischen Parametern.....                | 102 |
| 6.    | Diskussion.....  | 105 |
| 6.1   | Natürliche Eintragspfade von Campylobacter in Gewässer .....                               | 106 |
| 6.2   | Anthropogen bedingte Einträge von Campylobacter in Gewässer .....                          | 108 |
| 6.2.1 | Diffuse Quellen.....   | 108 |
| 6.2.2 | Punktquellen.....  | 113 |
| 6.3   | Risiko für Campylobacterinfektionen aufgrund verschiedener Wassernutzung .....             | 122 |
| 6.3.1 | Hygienische Gewässergüte.....  | 122 |
| 6.3.2 | Trinkwassergewinnung.....  | 125 |
| 6.3.3 | Badegewässer.....  | 129 |
| 6.3.4 | Weitere wassergebundene Freizeitnutzungen .....  | 135 |
| 6.3.5 | Nutzung der Gewässer für landwirtschaftliche Zwecke .....                                  | 136 |
| 6.4   | Reduzierung von Campylobacter in Gewässern .....   | 139 |
| 7.    | Fazit.....   | 145 |
| 8.    | Literatur .....  | 149 |
| 9.    | Quellenverzeichnis .....   | 163 |

Anhang

---



---

## Tabellenverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Tab. 1: Natürliche und anthropogene Faktoren, die die Wasserqualität beeinflussen  | 2   |
| Tab. 2: Auswahl international verzeichneter, durch Campylobacter ausgelöste wasserbedingte Epidemien .....   | 12  |
| Tab. 3: Gemeldete Campylobactererkrankungen in Deutschland von 2001-07 .....   | 13  |
| Tab. 4: Campylobacterinzidenzen nach Altersgruppen und Geschlecht in Deutschland im Jahresverlauf 2007 .....   | 14  |
| Tab. 5: Campylobacterinzidenzen (Fälle/100.000 Einwohner) für Männer und Frauen in Deutschland im Jahresverlauf 2007 .....                                       | 15  |
| Tab. 6: Technische Daten Obernautalsperre und hydrologische Kenndaten des Einzugsgebietes .....  | 20  |
| Tab. 7: Technische und hydrologische Daten der Kalltalsperre und der Wahnachtalsperre .....  | 26  |
| Tab. 8: Technische Kenndaten der untersuchten Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist .....   | 39  |
| Tab. 9: Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kall .....  | 46  |
| Tab. 10: Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist .....  | 47  |
| Tab. 11: Probenahmestellen an den Kläranlagen .....  | 48  |
| Tab. 12: Kennwerte der ausgewählten Regenüberlaufbecken .....  | 49  |
| Tab. 13: Probenanzahl im Einzugsgebiet der Swist und an den Kläranlagen .....  | 54  |
| Tab. 14: Zeitregime und Probenanzahl der Regelprobenahmen an Kall, Nauholzbach und Wahnbach .....  | 54  |
| Tab. 15: Grenzwerte für Ereignisprobenahmen an den Pegeln Kall, Nauholzbach und Wahnbach .....   | 55  |
| Tab. 16: Campylobacterkonzentrationen an den Pegeln der drei Talsperreneinzugsgebiete Nauholzbach, Kall und Wahnbach .....                                       | 67  |
| Tab. 17: Anzahl der Campylobacternachweise und Konzentrationen im Einzugsgebiet der Kall .....   | 69  |
| Tab. 18: Anzahl der Campylobacternachweise und Konzentrationen im Einzugsgebiet der Swist Proben S1-S9 liegen entlang der Swist, Proben S9-S12 am Jungbach ..... | 70  |
| Tab. 19: Reduktionsleistung (Log-Stufen) der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist für Campylobacter .....  | 86  |
| Tab. 20: Campylobacterkonzentrationen während Starkregenereignissen an den Pegeln Kall und Nauholzbach .....   | 90  |
| Tab. 21: Korrelationskoeffizienten von Campylobacter mit hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern in verschiedenen Gewässern ....                        | 101 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Tab. 22: Korrelation von Campylobacter in den Gewässern mit chemisch-physikalischen Parametern.....  | 102 |
| Tab. 23: Jahresfracht an Campylobacter und anfallende Abflüsse am Pegel des Nauholzbaches, der Kall und des Wahnbaches .....   | 112 |
| Tab. 24: Vergleich der Campylobacterkonzentrationen und der Abflussspende in den Einzugsgebieten .....   | 113 |
| Tab. 25: Reduktion von Campylobacter und E. coli in den untersuchten Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist dargestellt als Log10-Stufen ....                                | 116 |
| Tab. 26: Jahresfracht an Campylobacter in der Swist im Mittel und unter Trockenwetterbedingungen, sowie die Einträge aus den untersuchten Kläranlagen im Einzugsgebiet ..... | 118 |
| Tab. 27: Zuordnung der "Allgemeinen Koloniezahl" zu den Wassergüte-Klassen von Fließgewässern.....   | 123 |
| Tab. 28: Mikrobiologische Richt- und Grenzwerte nach der Badegewässerrichtlinie Nordrhein-Westfalens .....   | 130 |
| Tab. 29: Einhaltung, bzw. Überschreitung der EU-Badegewässerrichtlinie in den untersuchten Einzugsgebieten und nachgewiesene Campylobacterkonzentrationen .....              | 132 |
| Tab. 30: Campylobacternachweis in der Swist in Abhängigkeit von der E. coli-Konzentration während der Sommermonate (Mai – September).....                                    | 137 |

---

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von <i>Campylobacter jejuni</i> .....   | 5  |
| Abb. 2: Übertragungswege von <i>Campylobacter</i> .....   | 11 |
| Abb. 3: Einzugsgebiet des Nauholzaches .....  | 19 |
| Abb. 4: Einzugsgebiet der Kall.....   | 24 |
| Abb. 5. Geplantes Wasserschutzgebiet Kalltalsperre .....  | 25 |
| Abb. 6: Wasserschutzzonen im Einzugsgebiet der Wahnbachtalsperre.....   | 29 |
| Abb. 7: Einzugsgebiet des Wahnaches .....   | 30 |
| Abb. 8: Einzugsgebiet der Swist und Ihrer Nebengewässer .....   | 34 |
| Abb. 9: Entwässerungsgebiete der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist.....  | 36 |
| Abb. 10: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlagen Flerzheim und Rheinbach....  | 40 |
| Abb. 11: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlagen Heimerzheim und Miel .....   | 42 |
| Abb. 12: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlagen Hilberath, Hillesheim und Loch .....   | 44 |
| Abb. 13: Die Einzugsgebiete der Kläranlage Flerzheim und Loch ( $A_{red}$ Flächen) und deren Entwässerungstyp .....                             | 50 |
| Abb. 14: Hydrologische Eckdaten der ausgewählten Anlagen .....  | 51 |
| Abb. 15: Prinzipskizze der automatisierten Probenahme am GWK Flerzheim .....  | 58 |
| Abb. 16: Formel und Erläuterungsskizze zur Abflussmessung nach Fischer .....  | 59 |
| Abb. 17: Beispiel für Boxplots, die mit SPSS erstellt wurden.....   | 64 |
| Abb. 18: Verteilung bestimmter <i>Campylobacter</i> konzentrationen an den Pegeln der Einzugsgebiete Nauholzbach, Kall und Wahnbach .....       | 68 |
| Abb. 19: Anzahl Proben mit bestimmten <i>Campylobacter</i> konzentrationen an den Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kall.....              | 68 |
| Abb. 20: Anzahl der Proben mit bestimmten <i>Campylobacter</i> konzentrationen an den Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist .....        | 71 |
| Abb. 21: Häufigkeiten von <i>Campylobacter</i> konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen Flerzheim und Rheinbach .....               | 73 |
| Abb. 22: Häufigkeiten von <i>Campylobacter</i> konzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen Heimerzheim, Miel, Hilberath und Loch ..... | 73 |
| Abb. 23: Konzentrationen bakteriologischer Parameter an den Pegelprobenahmestellen Nauholzbach, Kall und Wahnbach .....                         | 74 |
| Abb. 24: Konzentrationen dreier Fäkalindikatoren im Einzugsgebiet der Kall (K1-7) und des Keltzerbaches (K8-K10) .....                          | 76 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Abb. 25: Konzentrationen von Clostridien und allgemeiner Koloniezahl (KBE) bei 20 °C und 36 °C im Einzugsgebiet der Kall (K1-K7) und des Keltzerbaches (K8-K10).....   | 77  |
| Abb. 26: Konzentrationen von Fäkalstreptokokken, coliformen Bakterien und E. coli im Einzugsgebiet der Swist (S1-S12) .....  | 79  |
| Abb. 27: Konzentrationen von Clostridien und allgemeiner Koloniezahl bei 20 ° und 36 °C im Einzugsgebiet der Swist (S1-S12).....   | 80  |
| Abb. 28: E. coli und coliforme Bakterien im Zulauf (Wertepaar links) und Ablauf (Wertepaar rechts) der untersuchten Kläranlagen .....  | 82  |
| Abb. 29: Allgemeine Koloniezahl bei 20 °C und 36 °C im Zulauf (Wertepaar links) und Ablauf (Wertepaar rechts) der untersuchten Kläranlagen .....   | 83  |
| Abb. 30: Fäkalstreptokokken und Clostridien im Zulauf (Wertepaar links) und Ablauf (Wertepaar rechts) der untersuchten Kläranlagen .....   | 85  |
| Abb. 31: Reduktion von Campylobacter in der Kläranlage Flerzheim (rot) und Rheinbach (blau) während des Untersuchungszeitraums .....   | 87  |
| Abb. 32: Reduktion von Campylobacter in der Kläranlage Heimerzheim (rot) und Miel (blau) während des Untersuchungszeitraums .....  | 88  |
| Abb. 33: Reduktion von Campylobacter in der Kläranlage Hilberath (rot) und Loch (blau) während des Untersuchungszeitraums.....   | 88  |
| Abb. 34: Abfluss, Campylobacter und E. coli im Verlauf der Starkregenereignisse am Nauholzbach.....  | 91  |
| Abb. 35: Abfluss, Campylobacter und E. coli im Verlauf der Starkregenereignisse an der Kall.....   | 92  |
| Abb. 36: Anzahl Proben mit bestimmten Campylobacterkonzentrationen im Einzugsgebiet der Swist während Abschlagsereignissen an den RÜB Flerzheim und Loch und im Gewässer oberhalb und unterhalb der Einleitung ..... | 93  |
| Abb. 37: Konzentrationen verschiedener bakterieller Parameter während vier Regenereignissen am Pegel Kall (12.2. und 19.3.) und Pegel Nauholzbach (9.10. und 12.12.).....  | 95  |
| Abb. 38: Bakterienkonzentrationen in der Swist vor und nach Einleitung des Kläranlagenabschlages aus den Regenüberlaufbecken (RÜB1, RÜB2) der Kläranlage Flerzheim.....  | 97  |
| Abb. 39: Bakterienkonzentrationen in der Swist oberhalb und unterhalb der Einleitung des Abschlages aus dem Stauraumkanal der Kläranlage Loch  | 99  |
| Abb. 40: Eintragspfade von Campylobacter in Oberflächengewässer und Nutzungsarten, die beeinträchtigt werden können.....   | 105 |
| Abb. 41: Damwild nahe der Kläranlage Loch.....   | 106 |
| Abb. 42: Gülleausbringung an der Swist .....   | 108 |
| Abb. 43: Vergleich der Flächennutzung in den vier untersuchten Einzugsgebieten   | 110 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Abb. 44: Kompaktkläranlage Hilberath .....  | 113 |
| Abb. 45: Vergleich der Abflussmengen des Swistbaches und der untersuchten Kläranlagen.....  | 114 |
| Abb. 46: Anteil diffuser Quellen (Fracht: $2,87 \times 10^{13}$ ) und der Kläranlagen (Fracht: $7 \times 10^{12}$ ) an der Campylobacterfracht unter Trockenwetterbedingungen (Fracht: $3,57 \times 10^{13}$ )(links) und Anteil diffuser Quellen ( $1,36 \times 10^{15}$ ) und des Mischwasserabschlages ( $1,36 \times 10^{15}$ ) aus Kläranlagen an der Campylobacterfracht bei Regenwetter (Fracht: $3,22 \times 10^{15}$ ) (rechts)..... | 120 |
| Abb. 47: Häufigkeit des Auftretens von verschiedenen Campylobacterkonzentrationen (KBE/100mL) bei unterschiedlicher Gewässergüte in den vier Einzugsgebieten Nauholzbach, Kall, Wahnbach und Swist .....  | 124 |
| Abb. 48: Wahnbachtalsperre .....  | 125 |
| Abb. 49: Badende Kinder .....   | 129 |
| Abb. 50: Brücke über die Swist.....   | 135 |
| Abb. 51: Viehtränke Jungbach.....   | 136 |

---

---

## Abkürzungen

|                       |  |
|-----------------------|--|
| µS                    | Mikrosiemens   |
| A <sub>red</sub>      | Abflusswirksame Flächen  |
| ABw                   | Abschlagsbauwerk   |
| A. dest.              | destilliertes Wasser   |
| ATKIS                 | Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem    |
| ATV-DVWK              | Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall |
| AWWA                  | American Water Works Association                               |
| AWWARF                | AWWA Research Foundation                                       |
| BBR                   | Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung                         |
| BezReg. Köln          | Bezirksregierung Köln  |
| BGA                   | Bundesgesundheitsamt   |
| BMBF                  | Bundesministerium für Bildung und Forschung                    |
| BMELF                 | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten    |
| CDC                   | Centre for Disease Control and Prevention                      |
| <i>C. jejuni/coli</i> | <i>Campylobacter jejuni/coli</i>                               |
| DALY                  | Disability Adjusted Life Year                                  |
| DBw                   | Drosselbauwerk   |
| DIN                   | Deutsche Industrienorm   |
| DVGW                  | Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.            |
| DüV                   | Düngeverordnung  |
| <i>E. coli</i>        | <i>Escherichia coli</i>  |
| EHEC                  | Entero-hämorrhagischer <i>E. coli</i>                          |
| EN                    | Europäische Norm   |
| EPA                   | Environmental Protection Agency                                |
| EU                    | Europäische Union  |
| EV                    | Erftverband  |
| EW                    | Einwohner  |
| FNU                   | Formazine Nephelometric Unit                                   |
| GIS                   | Geographisches Informationssystem                              |
| GWK                   | Gruppenklärwerk  |
| HACCP                 | Hazard Analysis and Critical Control Point                     |
| IfSG                  | Infektionsschutzgesetz   |
| ISO                   | International Standart Operationprocedure                      |
| IWA                   | International Water Association                                |
| KA                    | Kläranlage   |
| KAA-Agar              | Kanamycin-Aesculin-Azid-Agar                                   |
| kB                    | Kilobasen  |
| KBE                   | Kolonien bildende Einheiten                                    |
| KSR                   | Kanalstauraum  |
| LAWA                  | Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser                         |

---

|                  |  |
|------------------|--|
| LDS              | Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen  |
| LÖBF             | Landesanstalt für Ökologie und Forsten des Landes NRW  |
| Log-Stufe        | 10er Potenz  |
| LUA              | Landesumweltamt  |
| LWG              | Landeswassergesetz   |
| LWA-FLUT         | Simulationsprogramm  |
| LWK              | Landwirtschaftskammer Rheinland  |
| mCCD-Bouillon    | Modifizierte Aktivkohle(charcoal)-Cefaperazon-Desoxycholsäure-Bouillon                                   |
| MK               | Mischkanalisation  |
| MPN              | Most-Probable-Number   |
| MUG              | Methylumbelliferyl-glucuronid; Substrat gekoppelter Farbstoff  |
| MUNLV            | Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen |
| NKB              | Nachklärbecken   |
| NN               | Normal Null  |
| NRW              | Nordrhein-Westfalen  |
| PNS              | Probenahmestelle   |
| QRA              | Quantitative Risikoabschätzung   |
| REBEKA           | Amtliches Regenbeckenkataster  |
| rpm              | rotations per minute   |
| RRB              | Regenrückhaltebecken   |
| RÜB              | Regenüberlaufbecken  |
| SeKa             | Sedimentationskammer   |
| SGD Nord         | Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord   |
| sp.              | Spezies  |
| spp.             | Zusatz hinter dem Gattungsnamen, für mehrere nicht im Einzelne zu nennende Spezies                       |
| StUA             | Staatliches Umweltamt  |
| SÜ               | Schwellenüberlauf  |
| TK               | Trennkanalisation  |
| TOC              | Total organic carbon   |
| TrinkwV oder TVO | Trinkwasserverordnung  |
| TSC-Agar         | Tryptose-Sulfit-Cycloserin-Agar  |
| UN               | United Nations   |
| UV               | Ultraviolett   |
| VwV              | Verwaltungsvorschrift  |
| WHO              | World Health Organisation  |
| WRRL             | Wasserrahmen-Richtlinie  |
| WSG              | Wasserschutzgebiet   |
| WSH              | Wasserhaushaltsgesetz  |
| WSP              | Wassersicherheitsplan (engl. Water Safety Plan)  |



---

## Zusammenfassung

Die Wege der Akquirierung einer Campylobacterinfektion sind vielfältig. Bislang sind keine gesicherten Aussagen möglich, welche Übertragungswege als Hauptwege angesehen werden können und welche eine untergeordnete Rolle spielen. Durch die vorliegende Untersuchung konnten Daten zum Vorkommen von Campylobacter in Oberflächengewässern mit unterschiedlich strukturierten Einzugsgebieten der gemäßigten Breiten gewonnen werden.

Es wurden vier Einzugsgebiete untersucht, von denen drei Talsperrenzuflüsse sind. In dem nicht zur Trinkwassergewinnung ausgewiesenen Einzugsgebiet befinden sich acht Kläranlagen mit unterschiedlichem Ausbaugrad. Von diesen wurden sechs Anlagen zur weiteren Untersuchung ausgewählt. Daneben wurden an zwei Entlastungsbauwerken der sechs Anlagen Mischwasserabschläge in Folge von Starkregenereignissen beprobt. Die mikrobiologischen Untersuchungen umfassten primär den Parameter Campylobacter und dazu sechs verschiedene hygienisch-mikrobiologische Indikatorparameter, sowie chemisch-physikalische Kenngrößen. Die Campylobacterkonzentrationen wurden mittels Flüssigkeitsanreicherung in mCCD-Bouillon und anschließender Subkultivierung semiquantitativ ermittelt. Alle weiteren untersuchten Parameter wurden mittels Standardverfahren (DIN, bzw. ISO) bestimmt.

Die Campylobacterkonzentrationen in den Fließgewässern unterschieden sich je nach Nutzung innerhalb des Einzugsgebietes deutlich voneinander. Die geringsten Konzentrationen wurden im Einzugsgebiet mit nahezu durchgehender Bewaldung nachgewiesen. Die Konzentrationen stiegen in den beiden landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten deutlich an, waren aber in dem Einzugsgebiet mit Kläranlagen am höchsten. Dabei waren die Campylobacterkonzentrationen im gereinigten Abwasser abhängig vom Ausbaugrad der Kläranlage. In den kleinen Kompaktkläranlagen wurden die höchsten Konzentrationen gemessen. Kläranlagen mit Tropfkörpern erreichten ähnliche Reduktionsleistung wie Kläranlagen mit abschließender Filtration.

Unter Trockenwetterbedingungen stellen kleine Kläranlagen einen wichtigen Eintragspfad für Campylobacter dar, da die in ihnen erzielte Abwasserreinigung hinsichtlich Campylobacter geringer ist als in großen Kläranlagen mit weitergehenden Reinigungsstufen. Aus diesen gut ausgebauten Kläranlagen wird gereinigtes Abwasser von besserer mikrobiologischer Qualität abgegeben als im Gewässer oberhalb der Einleitung gemessen wurde. Insgesamt macht die Fracht der aus Kläranlagen stam-

menden *Campylobacter* knapp 20 % der Gewässerfracht bei Trockenwetter aus, wohingegen das Wasservolumen des gereinigten Abwasser bis zu zwei Drittel des Wasservolumens betragen kann. Kommt es aufgrund von Regenereignissen zu Mischwasserabschlägen tragen diese zu 42 % zur *Campylobacter*fracht im Gewässer bei und stellen somit den größten Eintragspfad einer Punktquelle dar, der allerdings das geringste Wasservolumen besitzt.

Aufgrund der nachgewiesenen *Campylobacter*konzentrationen ergeben sich Nutzungskonflikte bei der direkten Nutzung des Gewässers zur Trinkwassergewinnung, als Badegewässer oder zu anderen Freizeitnutzungen, Tränke und Bewässerungswasser. Die Abwendung einer Gesundheitsgefährdung bei der Nutzung kontaminierter Wässer zur Trinkwassergewinnung kann durch ein effektives Einzugsgebietsmanagement und eine an die Rohwasserqualität angepasste Aufbereitung sichergestellt werden. Hier erweist sich die geringe Tenazität der *Campylobacter* als Vorteil, da sie natürliche Absterbeprozesse bedingt und vorhandene Konzentrationen reduziert.

Die Nutzung von Gewässern zu Badezwecken ist weit verbreitet. Durch Verschlucken von kontaminiertem Wasser kann eine Infektion ausgelöst werden, wenn das Wasser mit hohen *Campylobacter*konzentrationen kontaminiert ist. Durch die Einhaltung der in der Badegewässerverordnung geforderten Grenz- und Richtwerte kann aber eine Badegewässerqualität sichergestellt werden, die geeignet zu sein scheint, das Risiko einer Badewasser-assoziierten *Campylobacter*infektion gering zu halten.

Die Verwendung von Oberflächenwasser in der Landwirtschaft ist reguliert, wird aber selten kontrolliert. Wird dieses Wasser als Tränke verwendet, resultiert für die Tiere ein direktes Infektionsrisiko und somit ein indirektes Risiko für den Verbraucher. Auch in Einzugsgebieten, die nur diffuse Quellen als Eintragspfade enthielten, ist dieses Risiko gegeben. Ein weiteres Gesundheitsrisiko hat seine Ursache in kontaminierten Feldfrüchten, die mit Oberflächenwasser bewässert wurden. Hier sind noch weitere Untersuchungen nötig, um das tatsächliche Infektionsrisiko für den Menschen genauer bestimmen zu können.

Ein besonderes Risiko leitet sich aus der hohen *Campylobacter*fracht während Regenereignissen ab. *Campylobacter* können im Gewässer über längere Distanzen transportiert werden und somit in Gebiete gelangen, in denen kein Regenereignis auftrat. In diesen Gebieten findet weiterhin eine uneingeschränkte Gewässernutzung statt und es entsteht in diesem Fall aus allen Nutzungsarten ein akutes Gesundheitsrisiko.

Durch die Einbindung epidemiologischer Studien könnte eine bessere Einschätzung des tatsächlichen Krankheitsgeschehen in der Bevölkerung und ihres Gewässernutzungsverhaltens erfolgen. In Kombination mit mikrobiologischen Analysen könnten diese Daten genutzt werden, um das Gesundheitsrisiko genau zu quantifizieren.

Alle Maßnahmen, die den Eintrag von Fäkalien in Gewässer minimieren, reduzieren somit auch den Eintrag von Campylobacter und senken damit das potentielle Gesundheitsrisiko. Insbesondere Mischwasserabschläge, die einen sehr großen Anteil an der Campylobacterfracht haben, bieten aufgrund des geringen Volumens Ansatzpunkte für eine weitergehende Behandlung und es könnte durch diese eine Frachtreduktion erreicht werden. In Zukunft sollten Abwasserbehandlungsanlagen auch unter Berücksichtigung der Reduktion von hygienisch-mikrobiologischen Parametern, wie Campylobacter, geplant und bewertet werden, um die Infektionsrisiken für die öffentliche Gesundheit weiter zu reduzieren.



# 1. Einleitung

Wasserbürtige Infektionskrankheiten, ausgelöst durch Viren, Bakterien oder Parasiten, stellen weltweit immer noch eines der größten Krankheitsrisiken dar. Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass 1,8 Mio. Menschen jedes Jahr in Folge von Durchfallerkrankungen sterben. Bis zu 57% aller Durchfallerkrankungen wären vermeidbar, wenn eine hygienisch einwandfreie Wasserversorgung und Abwasserentsorgung existieren würde (WHO, 2006a). Das Spektrum der relevanten Durchfallerreger verändert sich jedoch ständig, u. a. in Abhängigkeit von der Bevölkerungszunahme, Recycling von Abwasser, Änderung der Lebensgewohnheiten, Migration und Tourismus, aber auch durch Selektionsdruck hin zu neuen Pathogenen und Mutationen bekannter Pathogener. Die direkte Aufnahme von Krankheitserregern über das Trinkwasser ist dabei nur ein möglicher Infektionsweg. Kontaminiertes Wasser kann auch zu einer Verunreinigung von Lebensmitteln, Händen, Gegenständen des täglichen Bedarfs und der Kleidung führen und somit Infektionen begünstigen. Verbesserungen der Wasserqualität, Abwasserentsorgung und allgemeine Hygiene sind wirksame Maßnahmen, die fäkal-orale Übertragung von Krankheiten zu reduzieren.

In den entwickelten Ländern wurden große Anstrengungen unternommen, um sauberes Trinkwasser und eine hygienische Abwasserentsorgung sicherzustellen. Vorangetrieben wurde dies nicht zuletzt durch das Auftreten großer Epidemien auch in Deutschland. So erkrankten noch im Jahr 1892 während der großen Choleraepidemie in Hamburg fast 17.000 Menschen von denen 8.605 verstarben. Robert Koch, der zur Aufklärung des Infektionsweges nach Hamburg gerufen worden war, erklärte angesichts der sehr schlechten hygienischen Verhältnisse der Stadt: „Meine Herren, ich vergesse, dass ich in Europa bin.“ Im Anschluss an die Epidemie wurde die Trinkwasseraufbereitung Hamburgs mit einer Sandfiltration versehen, so dass einwandfreies Trinkwasser produziert werden konnte.

Aber auch heutzutage treten wasserbedingte Epidemien mit vielen Erkrankten auf. In Milwaukee, USA, erkrankten 1993 schätzungsweise 400.000 Personen an Cryptosporidiose. Stationär behandelt wurden 4.400 Personen. Ausgelöst wurde die Epidemie durch den Parasiten *Cryptosporidium* spp., mit dem das Trinkwasser kontaminiert war (Mac Kenzie et al., 1994). Im Jahr 2000 erkrankten in Walkerton, Kanada, geschätzte 2.300 Einwohner an Durchfall, von denen sieben verstarben. Infektionserreger waren *E. coli* 0157:H7 (EHEC) und *Campylobacter* spp. (O'Connor, 2002). Die beiden beschriebenen Ausbrüche sind nur zwei Beispiele für wasserbedingte Aus-

brüche. In beiden Fällen wurde das Trinkwasser an seiner Quelle kontaminiert. Während es sich in Milwaukee um Oberflächenwasser handelte, das aus einem See stammt, wurde in Walkerton Grundwasser durch Oberflächenwasser beeinflusst. Immer fand eine Kontamination durch Fäkalien statt, die in Verbindung mit starken Niederschlägen auftrat. In Deutschland wurde bislang nur ein Ausbruch unter ähnlichen Voraussetzungen beschrieben. Es handelte sich hierbei um eine Kontamination eines Brunnens mit *Giardia lamblia* über Fäkalien von Weidevieh (Kistemann et al., 2003).

Die Qualität der Ressource Wasser kann sowohl von natürlichen als auch anthropogenen Faktoren beeinflusst werden (AWWARF, 1991). Ein Eintrag von pathogenen Mikroorganismen in die Gewässer kann über verschiedene Wege erfolgen, hat aber primär meist eine Fäkalienausscheidung von Mensch oder Tier als Ursache (Tab. 1). Die Fäkalien können unmittelbar in die Gewässer ausgeschieden werden, aus den Fäkalien können Mikroorganismen ausgewaschen werden, oder Fäkalien werden in der Kanalisation gesammelt und die „gereinigten Abwässer“ gelangen in den Vorfluter.

Tab. 1: Natürliche und anthropogene Faktoren, die die Wasserqualität beeinflussen

| Natürliche Faktoren | Anthropogene Faktoren |                 |
|---------------------|-----------------------|-----------------|
|                     | Punktquellen          | Diffuse Quellen |
| Klima               | Kläranlagen           | Waldwirtschaft  |
| Topographie         | Industrieeinleiter    | Landwirtschaft  |
| Geologie            |                       | Freizeitnutzung |
| Boden               |                       | Bergbau         |
| Vegetation          |                       | Straßennabfluss |
| Fauna               |                       | Streusalz       |
|                     |                       | Saurer Regen    |

modifiziert nach AWWA (1991)

Heutzutage werden menschliche Ausscheidungen zum größten Teil in der Schwemmkanalisation gefasst und einer Behandlung in der Kläranlage zugeleitet. Hierdurch wird der direkte Kontakt zu den Fäkalien und damit ein mögliches Gesundheitsrisiko minimiert. Nach der Abwasserbehandlung wird das Wasser in den Vorfluter abgeführt, und so der Wasserkreislauf geschlossen. Das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit führte im Auftrag und mit Förderung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen in vier verschiedenen Einzugsgebieten drei Forschungsprojekte zur hygienisch-mikrobiologischen Qualität von Fließgewässern durch (Kistemann et

al., 1998b, Kistemann et al., 2001, Kistemann et al., 2004). Das Ziel der Projekte war es, Kenntnisse über Quellen hygienisch-mikrobiologischer Belastungen von Fließgewässern zu spezifizieren und Aussagen über Veränderungen der Qualität aufgrund des Wetters sowie der Nutzung zu treffen. In der vorliegenden Arbeit wurden die innerhalb der Projekte gewonnenen Daten genutzt und sich vertiefend mit dem Parameter *Campylobacter*, einem Bakterium, das zu den „new emerging pathogens“ gezählt wird. Und über dessen Auftreten in Fließgewässern in Abhängigkeit von unterschiedlichen anthropogenen Einflüssen bislang wenig bekannt ist, beschäftigt.

## 1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

### **Beeinflusst die Nutzung im Einzugsgebiet von Oberflächengewässern das Vorkommen von *Campylobacter* in den Gewässern?**

*Campylobacter* werden von vielen Säugetieren ausgeschieden. Sie können über Wildtiere direkt in die Gewässer gelangen. Kontaminationen der Gewässer sind zudem über Weidevieh und gedüngte Ackerflächen möglich. Fraglich ist, ob und in welchem Maße die im Einzugsgebiet vorhandene Nutzung Einfluss auf das Vorkommen von *Campylobacter* nimmt. Deshalb wurde in vier unterschiedlich genutzten Einzugsgebieten die Fließgewässerqualität hinsichtlich des Vorkommens von *Campylobacter* untersucht.

### **Welche Auswirkungen haben Niederschlagsereignisse auf die *Campylobacter*-konzentrationen im Fließgewässer?**

Trinkwasserbedingte Epidemien werden häufig durch Kontaminationen des Wassers in Folge von starken Niederschlägen ausgelöst. Auch im Gewässer verändern sich die Mikroorganismenkonzentrationen in Folge von Niederschlagsereignissen, jedoch ist wenig bekannt, wie sich diese Ereignisse auf *Campylobacter* auswirken. Die vier ausgewählten Einzugsgebiete boten die Möglichkeit Gewässerproben in Folge von Starkregenereignissen zeitnah zu entnehmen. Daneben wurden Mischwasserabflüsse aus Regenüberlaufbecken beprobt. Dadurch war es möglich zu untersuchen, wie sich die *Campylobacter*konzentrationen im Fließgewässer aufgrund von Niederschlagsereignissen verändern.

### **In welchem Maße werden *Campylobacter* über Kläranlagen in die Gewässer eingebracht?**

Erkrankte Personen scheiden *Campylobacter* aus. Ebenfalls über Abwässer aus der Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion gelangen *Campylobacter* in Kläranlagen. Unklar ist bislang, wie hoch die Konzentrationen an *Campylobacter* im Rohabwasser

sind und wie sich diese während der Aufbereitung in der Kläranlage verändern. In sechs Kläranlagen unterschiedlichen Ausbaugrades wurde die Campylobacterkonzentration im Rohabwasser und dem gereinigten Abwasser bestimmt.

**Zu welchem Anteil sind diffuse oder Punktquellen für das Auftreten von Campylobacter im Gewässer verantwortlich?**

Es ist zu erwarten, dass sich verschiedene Flächennutzungen unterschiedlich auf das Vorkommen von Campylobacter auswirken. Inwieweit sich der Einfluss von diffusen und Punktquellen unterscheidet, soll untersucht werden. Anschließend soll eine Abschätzung des Anteils der verschiedenen Kontaminationsquellen am Vorkommen von Campylobacter vorgenommen werden. Dazu wurden Frachtberechnungen aus den gewonnenen Daten erstellt.

**Sind Kläranlagen in der Lage, die Campylobacterkonzentrationen im Abwasser zu reduzieren?**

Kläranlagen wurden zur Reinigung der Abwässer entwickelt. Die Elimination von Mikroorganismen stand dabei im Hintergrund. Zunächst wurde vor allem die Beseitigung von Pflanzennährstoffen forciert, um die Eutrophierung von Gewässern zu verringern. Für die hygienische Qualität der Gewässer ist jedoch gleichfalls die Reduktion von pathogenen Mikroorganismen durch die Abwasserbehandlung relevant. Aus den gewonnenen Daten der Beprobungen der Kläranlagen konnte die Reinigungsleistung der sechs untersuchten Kläranlagen bestimmt werden. Ferner konnten die Unterschiede in der Reduktion von Campylobacter in der Abwasserreinigung aufgrund des unterschiedlichen Ausbaugrades erforscht werden.

**Resultieren aus dem Vorkommen von Campylobacter gesundheitliche Risiken und lassen sich diese spezifizieren?**

Die Infektionsdosis ist für Campylobacter niedrig. Durch die Nutzung eines Oberflächengewässer können Campylobacter direkt oder indirekt aufgenommen werden. Es wurde für verschiedene Wassernutzungen aufgrund der ermittelten Campylobacterkonzentration eine Abschätzung des hieraus resultierenden Infektionsrisiko vorgenommen.



## 2. Bedeutung von Campylobacter als humanpathogener Mikroorganismus

Das erste Mal wurde Campylobacter, nach heutigem Kenntnisstand, von Theodor von Escherich im Jahre 1886 bei durchfallkranken Kindern mit "Cholera infantum" in einem Kinderspital in München beschrieben. Im gleichen Jahr beschrieb er ebenfalls den Nachweis aus dem Stuhl von jungen Katzen (Escherich, 1886, Kist, 1986). Die ersten Isolierungen von tierpathogenen Campylobacterspezies in Nutztieren erfolgten 1913 beim Schaf und 1919 beim Rind (Kist, 1986). In den folgenden Jahrzehnten wurde die Campylobacteriose als Tierkrankheit angesehen und nicht mit humanen Krankheitsbildern in Verbindung gebracht. Erst durch neue Nachweisverfahren in der Mikrobiologie wurde Mitte der 1970er Jahre die humanmedizinische Bedeutung von Campylobacter deutlich. Das Bakterium wird in Folge dessen auch zu den „new emerging pathogens“ gezählt (Skirrow, 1977, Butzler und Skirrow, 1979).

### 2.1 Biologie der Campylobacter

Campylobacter wird mit Arcobacter in der neuen Familie der Campylobacteriaceae zusammengefasst. Die Gattungsbezeichnung wurde 1963 von Sebald und Veron eingeführt und löste die Bezeichnung mikroaerophile Vibrionen ab. Bakterien der Gattung Campylobacter sind Gram-negative, schlanke, gebogene oder spiralförmige Stäbchen (Abb. 1). Der Name Campylobacter kommt aus dem Griechischen und be-

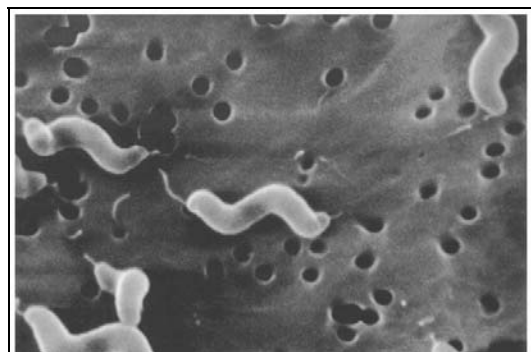


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von *Campylobacter jejuni*

deutet "gekrümmtes Stäbchen". Das Genom ist mit 1500-1700 kB vergleichsweise klein. Sie sind durchschnittlich 0,2-0,4 µm breit und 0,5-5,0 µm lang und bilden keine Sporen. In älteren Kulturen können sich kokkoide Degenerationsformen ausbilden. Die Bakterien tragen uni- oder bipolar jeweils eine Geißel und zeigen eine lebhaft korkschieberartige Beweglichkeit. Mit Ausnahme von *Campylobacter gracilis* (oxidase-negativ) sind alle Campylobacter oxidase-positiv, catalase-positiv und urease-negativ. Campylobacter sind mikroaerophil und benötigen zum Wachstum eine Atmosphäre mit 3-5% Kohlendioxid und 3-15% Sauerstoff. Ihr Temperaturoptimum liegt bei 42°C, Wachstum erfolgt aber auch im Bereich von 32°-45°C (Doyle und Roman,

1981). Eine Ausnahme bildet *C. fetus* dessen optimale Wachstumstemperatur 25°C beträgt. Die Energiegewinnung erfolgt nicht über die Verwertung von Zuckern, sondern über Aminosäuren, der Reduktion von Nitrat und Intermediärprodukten des Tricarbonsäurezyklus. Zur Unterscheidung humanpathogener Campylobacterspezies in der mikrobiologischen Diagnostik werden in erster Linie die Katalasereaktion, die Nitratreduktion, die Hippurat-Hydrolyse, die Indoxylacetat-Hydrolyse, die Harnstoffspaltung und das Wachstum bei unterschiedlichen Temperaturen herangezogen.

Campylobacter besitzen thermostabile und thermolabile Oberflächenantigene, die bei *C. jejuni/coli* eine Einteilung in 65 bzw. 160 Serotypen erlauben. Sie werden nach Penner durch passive Hämagglutination (hitzestabile Antigene) nachgewiesen und haben in erster Linie eine Bedeutung bei der Aufklärung von Infektketten. Bei *C. fetus* werden aufgrund hitzestabiler Antigene 3 Serogruppen (A, B, C) unterschieden. *C. fetus* und *C. rectus* besitzen eine Mikrokapsel aus einem S-layer Protein, das Serum- und Phagozytoseresistenz vermittelt (Percival et al., 2004).

## **2.2 Pathogenese und Krankheitsbilder**

Für die Campylobacteriose beschreiben Teunis und Black ein größeres Infektionsrisiko für Kinder als für Erwachsene. Ursache für seltenere Krankheitsausbrüche bei Erwachsenen scheint die erworbene Immunität zu sein, die als Schutz vor einer erneuten Infektion wirkt. Wahrscheinlich haben viele Erwachsene im Kindesalter eine Infektion mit Campylobacter durchgemacht und sind infolgedessen immun. Für Kinder muss aber von einer geringen Infektionsdosis ausgegangen werden, die zum Ausbruch einer Campylobacteriose führen kann (Black et al., 1988, Teunis et al., 2005). Während Black von einer Infektionsdosis von <800 Bakterien ausgeht, wird von Byers et al. (2001) allgemein eine Dosis zwischen  $10^2$  und  $10^6$  angegeben. Weiterhin zeichnet sich die Campylobacteriose durch eine Saisonalität aus, bei der eine Häufung von Erkrankten in den Sommermonaten beobachtet wird. Eine weitere Erkrankungsspitze tritt regelmäßig in der ersten Januarhälfte auf.

### **2.2.1 Pathogenese**

Sowohl Zytotoxine als auch ein cholera-toxin-ähnliches Enterotoxin sind bei *C. jejuni*- und *C. coli*-Stämmen beschrieben worden. Das von *C. jejuni* produzierte hitzestabile Enterotoxin ist dem von *E. coli* ähnlich. Die Bedeutung dieser Toxine für die Pathogenese ist umstritten.

Die Motilität des Erregers scheint ein wichtiger Virulenzfaktor zu sein, die es ihm zusammen mit seiner Spiralforn erlaubt, sehr schnell die schützende Mucosaschicht der Darmschleimhaut zu passieren. Wahrscheinlich adhärirt es über Geißelstrukturen, aber auch über Oberflächenproteine und -polysaccharide am Epithel von Jejunum und Colon. Für den weiteren Verlauf der Pathogenese spielen chemo-taktische Faktoren eine bisher nicht genau definierte Rolle. Möglicherweise sind es toxische Effekte, eine Zellinvasivität sowie eine Schleimhautdurchwanderung mit nachfolgender sub-mukoser Entzündung, ähnlich wie bei Salmonellen.

Akute Enterokolitis des Menschen und fetale sowie enterale Infektionen bei Rind, Schaf und Schwein sind die beiden großen Gruppen von Campylobactererkrankungen. Einige Campylobacter spp. werden auch bei der Parodontitis des Menschen vermehrt gefunden. *C. jejuni* ist für ca. 90% aller Campylobacterinfektionen des Menschen verantwortlich. Daneben lösen auch *C. coli*, *C. upsaliensis* und *C. lari* Durchfallerkrankungen aus. Sehr selten kann *C. jejuni* auch extraintestinale Infektionen wie Septikämie bei Abwehrschwäche, septischen Abort, Cholezystitis oder Meningitis, letztere bei Neugeborenen, verursachen.

*C. fetus* wurde vereinzelt als Erreger einer Endokarditis, Meningitis, Peritonitis, Arthritis, Cholezystitis, Salpingitis oder Sepsis bei abwehrgeschwächten Patienten beobachtet. Prädisponierende Faktoren sind z.B. Leukämien, Leberzirrhose, Neoplasien, Diabetes, kardiovaskuläre Grundleiden, Alkoholismus und immun-suppressive Therapien. Ein vermehrtes Vorkommen bei AIDS-Patienten wurde bisher nicht beobachtet. *C. curvus*, *C. rectus*, *C. showae* und *C. gracilis*, letztere unbegeißelt, finden sich in den Zahnfleischtaschen. *C. sputorum* und *C. concisus* sind harmlose Kommensalen der Mundhöhle. *C. hyointestinalis* und *C. mucosalis* sind für die nekrotisierende Enterokolitis beim Schwein verantwortlich.

### 2.2.2 Krankheitsbilder

Die Inkubationszeit für Campylobacterinfektionen beträgt 2-11 Tage. Bei *C. jejuni*, dem häufigsten Erreger, liegt sie im Durchschnitt bei 2-5 Tagen. Nach einem Prodromalstadium von 12 bis 24 Stunden mit unspezifischem Krankheitsgefühl, Frösteln, häufig quälenden Kopf- und Gliederschmerzen, kommt es am ersten Krankheitstag häufig zu einem plötzlichen Fieberanstieg mit Temperaturen, die 40°C erreichen können. Kopf- und Gliederschmerzen halten an, krampfartige abdominale Schmerzen, Schwindel und andere Kreislaufsymptome, selten Erbrechen, kommen hinzu. Im fieberhaften Frühstadium können auch passagere Bakteriämien auftreten. Sehr schwere Fälle können unter dem Bild eines "akuten Abdomens" zur Kranken-

hauseinweisung führen. Gelegentlich ist das akute Stadium von schweren Arthralgien begleitet.

Die Diarrhöe beginnt meist explosiv und steigert sich auf bis zu 20 Entleerungen pro Tag. Die Stuhlbeschaffenheit ist stets wässrig, in bis zur Hälfte der Fälle auch schleimig und mit blutigen Auflagerungen. Mikroskopisch sind in der Regel massenhaft Leukozyten nachweisbar. Die Durchfälle sistieren meist nach 5-7 Tagen, nur selten beträgt die Krankheitsdauer länger als 10 Tage.

Eine unkomplizierte *Campylobacter*-Enteritis sollte lediglich symptomatisch, d.h. mit Flüssigkeits- und Elektrolytersatz, Bettruhe und ggf. leichten Spasmolytika behandelt werden. Die Resistenzquote gegen Erythromycin beträgt in verschiedenen Ländern 1-20% abhängig von der Häufigkeit der Anwendung, in Deutschland 1-9% und liegt bei *C. coli* durchweg höher als bei *C. jejuni*. Die 4-Fluoro-Chinolone (Gyrase-Hemmer) sind bei sensiblen Stämmen gut wirksam, allerdings bestehen sowohl primäre Resistenzen als auch die Möglichkeit einer schnellen Resistenzentwicklung mit Resistenzquoten um 50% (Kist, 2001). Die mittlere Ausscheidungsdauer der Erreger nach Abklingen der akuten Symptomatik ist mit 14 Tagen deutlich kürzer als die der Salmonellen. Eine Langzeitausscheidung ist mit Ausnahme von AIDS-Patienten extrem selten (Blaser, 2000). Mischinfektionen mit anderen enteropathogenen Erregern kommen vor.

### **2.2.3 Folgekrankheiten**

Zwei bis drei Wochen nach Beginn einer *Campylobacter*-Enteritis können aseptische reaktive Arthritiden, das Reitersche Syndrom, Hautexantheme oder als gravierendste Komplikation das Guillain-Barré-Syndrom auftreten. Patienten mit einer reaktiven Arthritis können als ätiologischen Hinweis eine Antikörperreaktion gegen *Campylobacter* zeigen. Die *Campylobacter*-Arthritis, welche große Gelenke befällt, kann Wochen bis Monate andauern. Das Guillain-Barré-Syndrom, eine aufsteigende Parese bis hin zur Atemlähmung, wird nach 1-3 % der manifesten *Campylobacteriosen* beobachtet und kann bis zur meist unvollständigen Restitution über ein Jahr benötigen (Altekruse et al., 1999, Chowdhury und Arora, 2001). Insgesamt ist bei etwa 40% aller Guillain-Barré-Syndrom-Fälle der Erkrankung eine *Campylobacter*infektion vorausgegangen (Hunter, 1997).

## 2.3 Vorkommen in der Umwelt

Natürlicherweise kolonisieren Campylobacter den Darm von Vögeln und Säugetieren. Außerdem werden Campylobacter in vielen anderen Nutz- und Haustieren (Hastings, 1978), Nagetieren und dem Menschen nachgewiesen. So wurden die Erreger bei Schlachtgeflügel in 60-100%, bei Rindern in bis zu 40%, bei Schweinen (*C. coli*) zwischen 17 und 100% und bei Schafen in 8-22% der untersuchten Tiere gefunden (Savill et al., 2003, Brown et al., 2004, Inglis et al., 2004).

Waldenström et al. (2002) fanden *C. jejuni* in 5,0%, *C. lari* in 5,6%, und *C. coli* in 0,9% von 1.794 untersuchten Zugvögeln in Schweden. Dabei handelte es sich um Wasservögel, Enten und verschiedene Schnepfen, aber auch Sing- und Raubvögel waren Erregerträger. Zusätzlich waren 10,7% der untersuchten Vögel mit Hippurathydrolyase-negativen Campylobacter infiziert.

In Oberflächengewässern werden Campylobacter regelmäßig nachgewiesen. Dabei wird eine Saisonalität beobachtet mit einer Häufung im Spätherbst (Carter et al., 1987, Brennhovd et al., 1992). Der Nachweis von Campylobacter im Grundwasser beruht immer auf einer Beeinflussung durch Oberflächenwasser (Stanley et al., 1998a). Auch im Abwasser finden sich Campylobacter, die von Menschen und Tieren ausgeschieden wurden (Jones, 2001). Die Kontamination von Gewässern mit unbehandelten Abwässern führt immer auch zu einer Kontamination mit Campylobacter.

### 2.3.1 Überlebensfähigkeit

Über ausgeschiedene Fäkalien gelangen Campylobacter in die Umwelt. Dort überleben sie bei niedrigen Temperaturen bis zu mehrere Wochen. In der aquatischen Umwelt finden sich Campylobacter sowohl im Süß- als auch im Salzwasser (Ghinsberg et al., 1994, Arvanitidou et al., 1995, Bolton et al., 1999). Hohe Temperaturen und/oder Sonneneinstrahlung führen jedoch zum raschen Absterben (Obiri-Danso et al., 2001). Nach Terzieva und McFeters (1991) ist das Überleben im Flusswasser kaum von der Temperatur abhängig. Unterschiedlich ist die Überlebensfähigkeit in der Umwelt jedoch für die verschiedenen Campylobacterspezies. Im Allgemeinen bleibt *C. jejuni* am längsten in der kulturfähigen Form, während *C. coli* schneller degeneriert (Korhonen und Martikainen, 1991).

Beobachtet wird das Auftreten von „viable but non-culturelle Formen“ (VBNC). Dies sind Campylobacter, die nicht kulturfähig, aber mikroskopisch nachweisbar sind. Ihre Infektiosität umstritten ist. Rollins und Colwell (1986) konnten lebensfähige VBNC-Campylobacter vier Monate lang im Wasser nachweisen. In den Untersuchungen

von Thomas et al. (2002) waren nach 60 Tagen noch immerhin zwischen 5-25% der Ausgangspopulation als VBNC vorhanden. Buswell et. al (1998) konnten *Campylobacter* im Flusswasser 8 Tage nachweisen, aber auch hier wurden die Bakterien nicht kultiviert, sondern mikroskopisch nachgewiesen.

*Campylobacter* werden bei einem pH <5,0 oder >9,0 inaktiviert. Auf feuchten Oberflächen (z.B. Schlachtgeflügel), in Kuhmilch oder in Fäces bleibt *C. jejuni* jedoch bei 4°C bis zu drei Wochen überlebensfähig, in Flusswasser länger als acht Wochen. Bei 25°C sterben die Bakterien deutlich früher ab, in Milch bereits nach drei Tagen (Doyle und Roman, 1981, Blaser, 2000). Durch Pasteurisieren werden sie nach wenigen Sekunden abgetötet (D'Aoust et al., 1988). Sie sind empfindlich gegen Austrocknung, besonders an Oberflächen (Altekruse et al., 1999). Bei -20°C, z.B. in tiefgefrorenem Geflügel, überleben sie mehrere Monate, dabei wird im Unterschied zu Salmonellen praktisch keine sekundäre Vermehrung nach dem Auftauen beobachtet.

## 2.4 Übertragungswege

Die wichtigste Infektionsquelle für *Campylobacter*infektionen sind Tiere. Daher wird in diesem Zusammenhang von einer Zooanthroponose gesprochen. Eine direkte Übertragung durch Schmierinfektionen von Mensch zu Mensch kommt selten vor. Wenn diese erfolgt, dann vor allem zwischen Kindern in Kindergärten oder innerhalb von Familien (Kayser et al., 1998). Die Übertragung auf den Menschen erfolgt jedoch in erster Linie über tierische Lebensmittel (Abb. 2).

Schlachtgeflügel, besonders deren Innereien, und Rohmilch sind bedeutende Risikofaktoren. Innereien von Rind und Schaf können ebenfalls kontaminiert sein (Djuretic et al., 1997, Altekruse et al., 1999, Allos, 2001). In Einzelfällen sind Erregerübertragungen von durchfallkranken jungen Hunden und Katzen auf den Menschen beobachtet worden (Nygard et al., 2004). Touristen in warmen Ländern gehen ebenfalls ein erhöhtes Risiko ein, eine *Campylobacter*infektion zu akquirieren, da in diesen Regionen Lebensmittel häufiger kontaminiert sind und auch höhere Konzentrationen von Infektionserregern aufweisen (Egli et al., 2002).

Regelmäßig werden wasser-assoziierte *Campylobacter*epidemien beobachtet. Hierbei ist das Wasser mit *Campylobacter* aus Fäkalien kontaminiert worden und die Bakterien können aus der aquatischen Umwelt erneut Mensch und Tier infizieren. Häufig ist bei trinkwasserbürtigen Infektionen eine mangelnde oder fehlende Desinfektion die Ursache für den Ausbruch von Erkrankungen. In vielen Fällen wird dessen ungeachtet der Übertragungsweg Wasser vernachlässigt, wenn es um die Aufde-

ckung von Infektionsketten geht, obwohl wasser-assoziierte Campylobacteriosen sowohl über Trinkwasser als auch Badewasser ausgelöst werden können. Eine Kontamination von pflanzlichen Lebensmitteln kann nicht nur direkt durch Defekation von Tieren, sondern auch über kontaminiertes Bewässerungswasser erfolgen.

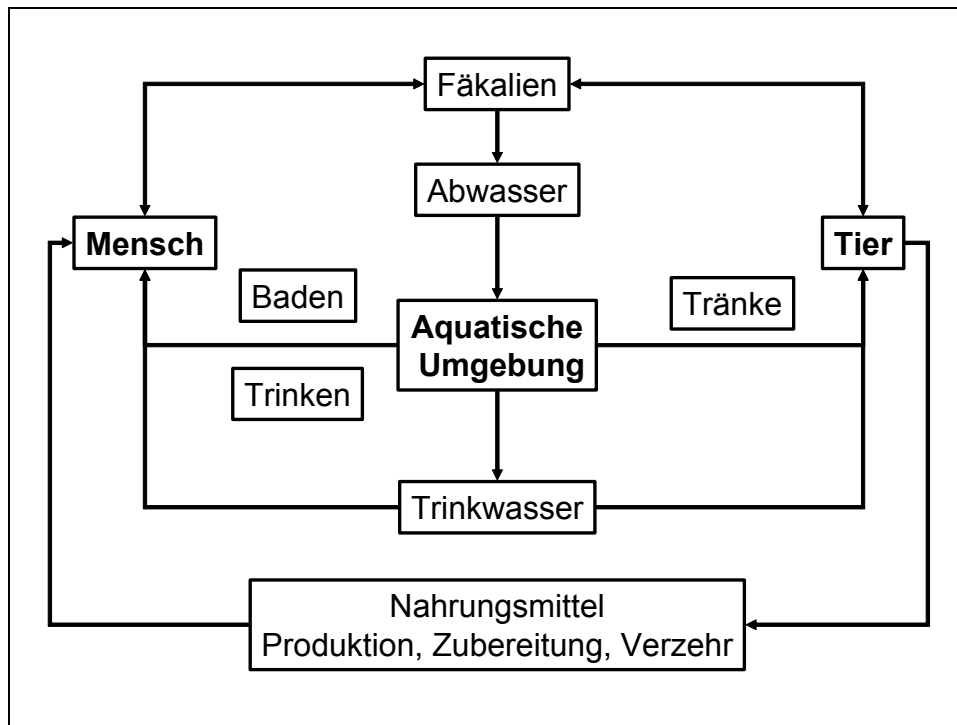


Abb. 2: Übertragungswege von Campylobacter

## 2.5 Internationale Bedeutung der wasserbedingten Campylobacteriose

Die Campylobacter-Enteritis ist in entwickelten Ländern etwa so häufig wie die Salmonellose. *C. jejuni* verursacht ca. 2-10 % aller Enteritidfälle. In Entwicklungsländern werden bei Erkrankten, aber auch bei symptomlosen Trägern in bis zu 40 % der untersuchten Stuhlproben Campylobacter isoliert (Coker et al., 2002). In ländlichen Gebieten der gemäßigten Zonen tritt die Infektion gehäuft auf, außerdem wird eine Häufung von Infektionen während der Sommermonate beobachtet (Altekruse et al., 1999). Weltweit ist Neuseeland eines der Länder mit der höchsten Melderate an Campylobacteriose. Für das Jahr 1999 wurde eine Inzidenz von 233/100.000 Personen festgestellt. Sie liegt damit dreimal höher als in anderen entwickelten Ländern (Savill et al., 2003). Im Jahre 2002 waren in Neuseeland 81,7 % der gemeldeten Infektionskrankheiten möglicherweise wasserbürtig. Von diesen war die Campylobacteriose mit 70,7 % der gemeldeten Fälle die herausragende Erkrankung (Till und McBride, 2004).

Tab. 2: Auswahl international verzeichneter, durch *Campylobacter* ausgelöste wasserbedingte Epidemien

| Land           | Fälle | Quelle   | Autor                      |
|----------------|-------|--|----------------------------|
| Großbritannien | 257   | Ungechlortes Trinkwasser, Eigenwasserversorgung, offener Lagertank | (Palmer et al., 1983)      |
| Wales          | 36    | Verunreinigte Grundwasser  | (Hennessy, 2004)           |
| Dänemark       | 2400  | Akzidentiell durch Abwasser, verunreinigtes Grundwasser            | (Engberg et al., 1998)     |
| Norwegen       | 680   | Ungechlortes Trinkwasser, Zentrale Versorgung                      | (Melby et al., 1991)       |
| Schweden       | 380   | Ungechlortes Trinkwasser, Zentrale Versorgung                      | (Mentzing, 1981)           |
| Finnland       | 75    | Unaufbereitet konsumiertes Oberflächenwasser                       | (Aho et al., 1989)         |
| Israel         | 150   | Ungechlortes Trinkwasser, Notwasserversorgung, offener Lagertank   | (Rogol et al., 1983)       |
| Florida, USA   | 7865  | Akzidentiell ungechlortes Trinkwasser, Zentrale Versorgung         | (Sacks et al., 1986)       |
| USA            | 13    | Trinkwasser  | (Blackburn et al., 2004)   |
| Kanada         | 162   | Akzidentiell kontaminierte zentrale Versorgung                     | (Broczyk et al., 1987)     |
| Australien     | 23    | Als Trinkwasser verwendetes Regenwasser                            | (Merritt et al., 1999)     |
| Neuseeland     | 44    | Unaufbereitetes Trinkwasser  | (Stehr-Green et al., 1991) |

Der erste wasserbürtige Ausbruch von *Campylobacter*-Enteritis wurde im Sommer 1978 in den USA beobachtet. In Vermont, erkrankten 3.000 Personen und damit 19 % der dort ansässigen Bevölkerung. Das Auftreten von Durchfall war statistisch stark mit dem Konsum von nicht abgekochtem Trinkwasser assoziiert. Bei der Untersuchung der Wasserversorgung stellte sich heraus, dass es verschiedene Risiken für eine Kontamination des Trinkwassers gab. Im Einzugsgebiet befanden sich in der Nähe der Hauptentnahmestelle schadhafte Abwasserkanäle. Außerdem wurden große Mengen Tiermist in Gewässernähe gefunden. Zusätzlich waren vor dem Ausbruch ungewöhnlich schwere Regenfälle verzeichnet worden (Vogt et al., 1982).

Seitdem lassen sich immer wieder Ausbrüche von *Campylobacteriosen* auf kontaminiertes Wasser zurückführen. Einen Überblick gibt Tab. 2, in der ausgewählte Ausbrüche aufgeführt sind. In den USA wurden 1993/94 mehrere *Campylobacter*-Ausbrüche mit insgesamt 223 Erkrankten erfasst (Kramer et al., 1996). Von 31 Ausbrüchen



in den Jahren 2001/2002 war in einem Fall Campylobacter aus dem Trinkwasser das auslösende Agens (Blackburn et al., 2004).

In Europa werden Ausbrüche vor allem in Nordeuropa vermeldet. Hier wird häufig Oberflächenwasser ohne weitere Aufbereitung für die Trinkwasserversorgung verwendet. Es gibt vermehrt Einzelwasserversorgungen und bei Freizeitaktivitäten wird vorhandenes Oberflächenwasser zur Trinkwasserversorgung entnommen. Wie der Vergleich mit Ausbrüchen aus anderen Ländern zeigt, begünstigen diese Umstände das Auftreten von Campylobacteriosen. Eine Studie der „Health Protection Agency“ ergab, dass in Großbritannien für Personen, die ihr Trinkwasser aus Einzelwasserversorgungen beziehen, ein 35-fach erhöhtes Risiko besteht, an einer wasserbedingten Campylobacteriose zu erkranken (Smith et al., 2006).

## 2.6 Bedeutung der Campylobacteriose in Deutschland

Mit Einführung des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) im Jahre 2001 wurde die Meldung für Campylobactererkrankungen verpflichtend. Während Campylobacter vorher unter die Gruppe der übrigen Enteritiserreger fiel, werden heute sowohl auftretende Durchfälle, bei denen Campylobacter nachgewiesen werden können, als auch potentielle Folgekrankheiten wie das Guillan-Barre-Syndrom über die Gesundheitsämter an das Robert Koch-Institut (RKI) gemeldet. Die Meldung erfolgt nur im Falle einer akuten Erkrankung namentlich. Wenn der Patient in einem Lebensmittelbetrieb beschäftigt ist und erkrankt, oder aber der Verdacht auf eine Erkrankung besteht, dann muss nach §6 IfSG eine namentliche Meldung an das RKI erfolgen. Die Bedeutung der Erkrankung wird deutlich, wenn man die Fallzahlen betrachtet. Von 2001-07 wurden jährlich ca. 56.000 Erkrankungen registriert mit einer durchschnittlichen Inzidenz von 68 Erkrankungen pro 100.000 Einwohner (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Gemeldete Campylobactererkrankungen in Deutschland von 2001-07

| Jahr | Gemeldete Erkrankungen | Inzidenz |        |        |
|------|------------------------|----------|--------|--------|
|      |                        | Gesamt   | Männer | Frauen |
| 2001 | 54.461                 | 65,95    | 72,83  | 59,36  |
| 2002 | 56.418                 | 68,35    | 73,44  | 63,48  |
| 2003 | 47.934                 | 58,08    | 63,09  | 53,28  |
| 2004 | 55.807                 | 67,63    | 72,84  | 62,64  |
| 2005 | 62.133                 | 75,28    | 81,22  | 69,59  |
| 2006 | 51.974                 | 62,94    | 67,43  | 58,65  |
| 2007 | 64.134                 | 77,91    | 82,36  | 73,35  |

Campylobacter war damit im Zeitraum von 2001-04 der zweithäufigste bakterielle Durchfallerreger nach den Salmonellen, von denen zwischen 56.800 und 77.000 Erkrankungen gemeldet wurden. Bemerkenswert ist die Zunahme der gemeldeten

Campylobacterinfektionen seit Einführung des IfSG und der deutliche Rückgang an Salmonelleninfektionen. Im Jahr 2005 führten Campylobacter die Gruppe der bakteriellen Durchfallerreger mit über 62.000 gemeldeten Erkrankungen an (siehe Tab. 3).

Im selben Zeitraum wurden nur noch 52.265 Salmonellosen gemeldet und im Jahr 2006 wurden beide Erkrankungen fast gleich häufig gemeldet. Für das Jahr 2007 wurden wieder deutlich mehr Campylobacteriosen (64.135) als Salmonellosen (53.993) gemeldet. Von der Campylobacteriose sind Männer stärker betroffen als Frauen. Schlüsselt man die Daten nach Altersgruppen auf (Tab. 4), dann fällt auf, dass die Altersgruppe der 1-4-Jährigen sehr hohe Inzidenzraten mit deutlich über 100 Erkrankungen pro 100.000 Kinder hat. Männliche Kleinkinder im zweiten Lebensjahr haben mit einer Inzidenzrate von 205,94 die meisten Erkrankungen. Neben den Kleinkindern sind die Er-

Tab. 4: Campylobacterinzidenzen nach Altersgruppen und Geschlecht in Deutschland im Jahresverlauf 2007

| Altersgruppe | Geschlecht |          |
|--------------|------------|----------|
|              | Männlich   | Weiblich |
| 0            | 102,64     | 75,47    |
| 1            | 205,94     | 176,16   |
| 2            | 162,66     | 128,98   |
| 3            | 111,46     | 97,41    |
| 4            | 98,56      | 83,38    |
| 5-9          | 82,08      | 67,09    |
| 10-14        | 79,05      | 54,90    |
| 15-19        | 106,72     | 94,76    |
| 20-24        | 112,86     | 130,76   |
| 25-29        | 103,90     | 118,60   |
| 30-39        | 88,08      | 87,80    |
| 40-49        | 78,94      | 73,42    |
| 50-59        | 69,06      | 58,48    |
| 60-69        | 57,58      | 51,02    |
| >70          | 59,09      | 42,94    |

wachsenen im Alter von 15-30 Jahren eine weitere Gruppe mit hoher Inzidenzrate. Bei den Frauen zwischen 20-30 Jahren beträgt die Erkrankungshäufigkeit 124,63/100.000 und liegt damit deutlich höher als in anderen Altersgruppen der Erwachsenen. Bei den Männern der gleichen Altersgruppe ist ebenfalls ein Anstieg der Inzidenzrate zu beobachten. Jedoch steigt die Inzidenz schon bei den 15-19-jährigen Männern auf 106,72 und liegt dann bei den 20-30 Jährigen nur etwas höher mit 108,32. Die Gründe für die Zunahme von Infektionen im Erwachsenenalter sind unklar. Ein Grund könnte die Unabhängigkeit vom Elternhaus und damit selbstständige Nahrungszubereitung sein. Vor allem durch nicht sachgemäßen Umgang mit Geflügelprodukten wird die lebensmittelassoziierte Campylobacteriose gefördert. Die Beobachtung, dass vor allem bei Frauen im Alter zwischen 20-30 Jahren vermehrt Campylobacterinfektionen auftreten, wurde auch in den Niederlanden gemacht (CARMA-Projekt: Campylobacter risk management and assessment). Eine mögliche Ursache ist die direkte fäkal-orale übertragene Infektion bei der Betreuung infizierter oder erkrankter Kinder. Campylobacter zeichnen sich durch eine sehr geringe Infektionsdosis von etwa <800 Bakterien aus (siehe 2.2). Die Altersgruppe mit der höchsten Inzidenzrate sind die Einjährigen, die noch gewickelt werden müssen. Der Kontakt zu den Fäkalien ist dabei nahezu unvermeidlich und somit ist ein erhöhtes Infektionsrisiko für die Betreuungsperson wahrscheinlich.

Im Jahresverlauf zeigen Campylobacterinfektionen zudem eine Saisonalität. In den Sommermonaten werden die meisten Erkrankungen gemeldet. So wurde der Gipfel der Erkrankungen im Jahr 2007 im Juli erreicht. Zwischen Februar und April und im Dezember wurden dagegen die wenigsten Erkrankungen gemeldet (siehe Tab. 5). Unterschiede aufgrund des Geschlechtes können im Jahresverlauf in den Altersgruppen nicht beobachtet werden. Die Inzidenzrate der männlichen Erkrankten liegt immer über der der weiblichen Erkrankten, mit Ausnahme der Gruppe der 20-30 Jährigen. Bei dieser Gruppe liegt die Inzidenzrate der Frauen in allen Monaten höher als die der gleichaltrigen Männer.

Tab. 5: Campylobacterinzidenzen (Fälle/100.000 Einwohner) für Männer und Frauen in Deutschland im Jahresverlauf 2007

| Monat    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7     | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|----------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| Männlich | 5,70 | 4,56 | 5,47 | 5,40 | 7,05 | 9,69 | 11,05 | 9,31 | 8,33 | 7,06 | 6,24 | 2,49 |
| Weiblich | 5,11 | 4,27 | 5,16 | 4,95 | 6,15 | 8,40 | 9,16  | 8,02 | 7,24 | 6,57 | 6,00 | 2,30 |

Bei der Interpretation der gemeldeten Campylobacterinfektionen wird vor allem auf die Rolle von Lebensmitteln als Vehikel für die Campylobacter eingegangen. Verwiesen wird vor allem auf Geflügelfleisch, da Vögel ein natürliches Reservoir für Campylobacter darstellen (siehe Kapitel 02.3). Vernachlässigt wird die Bedeutung von Wasser als Übertragungsmöglichkeit. Neben Trinkwasser kann auch in Deutschland Badewasser aus Freibadegewässern oder aus natürlichen, nicht ausgewiesenen Gewässern ein bislang nicht beachteter Übertragungsweg sein. Daher sind weitergehende Forschungen zum Vorkommen von Campylobacter in Oberflächengewässern, Eintrittspfaden und eine Beurteilung zur gesundheitlichen Gefährdung erforderlich.



### 3. Die untersuchten Einzugsgebiete und Kläranlagen

Im Sinne des § 1a Wasserhaushaltsgesetz (Wasserhaushaltsgesetz, 2005) ist auch das Einzugsgebiet als „Bestandteil des Naturhaushalts“ zu betrachten. Die Charakterisierung hinsichtlich Größe, Relief, naturräumlicher Differenzierung und Landnutzung und die genaue Beschreibung des Fließgewässers, seines Gerinnes, Chemismus und Biologie können Informationen über potentielle, mikrobiologische Kontaminationsquellen liefern.

Im Rahmen einer Reihe am Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn durchgeführter Forschungsprojekte im Auftrag des MUNLV wurden neben der naturräumlichen Ausstattung der Einzugsgebiete Daten zur Nutzung der Oberflächengewässer und des Einzugsgebiets erhoben (Kistemann et al., 1998b, Kistemann et al., 2001, Kistemann et al., 2004). Dabei standen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Nutzung des Wassers als Trink- oder Brauchwasser;
- Nutzung des Gewässers zur Fischzucht, als Badegewässer oder zu Erholungszwecken;
- Landnutzung im Einzugsgebiet bezogen auf landwirtschaftliche Nutzflächen, Waldbestände, Siedlungsflächen und Gewerbegebiete;
- Besonderheiten des Einzugsgebietes.

Detaillierte Informationen zur Abwasserbehandlung und Kanalisation, Anzahl und Größe der landwirtschaftlichen Betriebe, Forstbewirtschaftung, Auflagebestimmungen, Wasserschutzzonen lieferten Fachbehörden, insbesondere die zuständigen Wasserverbände (Wasserwerk des Kreises Aachen GmbH (WdKA), jetzt energie & wasser vor ort GmbH, Wahnbachtalsperrenverband (WTV), Wasserverband Siegerland (WVS)) und die zuständigen Staatlichen Umweltämter (Siegen, Aachen, Köln. Von den Kläranlagenbetreibern (Aggerverband, Stadt Niederkassel, Erftverband) wurden die relevanten Parameter der Kläranlagen (technische Betriebsdaten, Anzahl der angeschlossenen Haushalte und Gewerbebetriebe, Menge der aufbereiteten Abwässer) für den Untersuchungszeitraum zur Verfügung gestellt.

Die während dieser Projekte gewonnenen Daten und modifizierte Karten wurden als Grundlage für diese Arbeit verwendet .

## **3.1 Überblick über die vier Einzugsgebiete**

### **3.1.1 Nauholzbach**

#### Geographische Lage

Die Obernautalsperre mit dem Nauholzbach als größtem Zufluss liegt östlich des Ortes Netphen, Landkreis Siegen-Wittgenstein, an der Westabdachung des Rothaargebirges, einem Teil des östlichen Rheinischen Schiefergebirges. Administrativ gehört der Bereich zur Gemeinde Netphen im Landkreis Siegen-Wittgenstein (Becker et al., 1989).

#### Geologie und Böden

Im Einzugsgebiet des Nauholzbaches stehen in der Hauptsache graublau schluffige Tonschiefer mit vereinzelt graugrünen Silt- und Sandsteinlagen an. Im Bereich der Obernautalsperre wechseln Gesteine des Mittleren und Oberen Siegen. In Mulden und im Talgrund finden sich tonig-schluffige Gerölllagen, 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. In den Talauen, z.B. im Unterlauf des Nauholzbaches, führen Nährstoffakkumulation, Grundwassereinfluss und die größere Mächtigkeit der Auenlehme zur Ausbildung von Braunerde-Gleyen oder echten Gleyen.

#### Geomorphologie

Das Tal des Nauholzbaches schneidet sich als Kerbtal tief in die Hochfläche ein. Die höchste Erhebung befindet sich im Nordosten des Einzugsgebiets an der L 722 bei annähernd 660 m über NN, der Pegel Nauholzbach ist auf 378 m über NN. Heutzutage schreitet die Zertalung mit großer Geschwindigkeit durch Erosion fort; ein flächenhafter Abtrag der Deckschichten hingegen wird durch die Vegetationsbedeckung verhindert.

#### Klima und Wettergeschehen

Für das Klima kennzeichnend sind 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. Daneben treten hohe Niederschläge (1.000 – 1.400 mm/Jahr), insbesondere im Winterhalbjahr (70% des Gesamtniederschlags) auf (Becker et al., 1989).

### Hydrologie

Die Obernautalsperre befindet sich westlich der Hauptwasserscheide zwischen Rhein- und Wesersystem. Die beiden Hauptzuflüsse sind die Obernau und der Nauholzbach. Das Einzugsgebiet des Nauholzbaches bis zum Pegel umfasst 3,27 km<sup>2</sup>. Der Abfluss auf den flachgründigen Böden erfolgt hauptsächlich oberflächlich bzw. oberflächennah. Die 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 bedingen eine kurze Laufzeit des Wassers bis zur Messstelle.

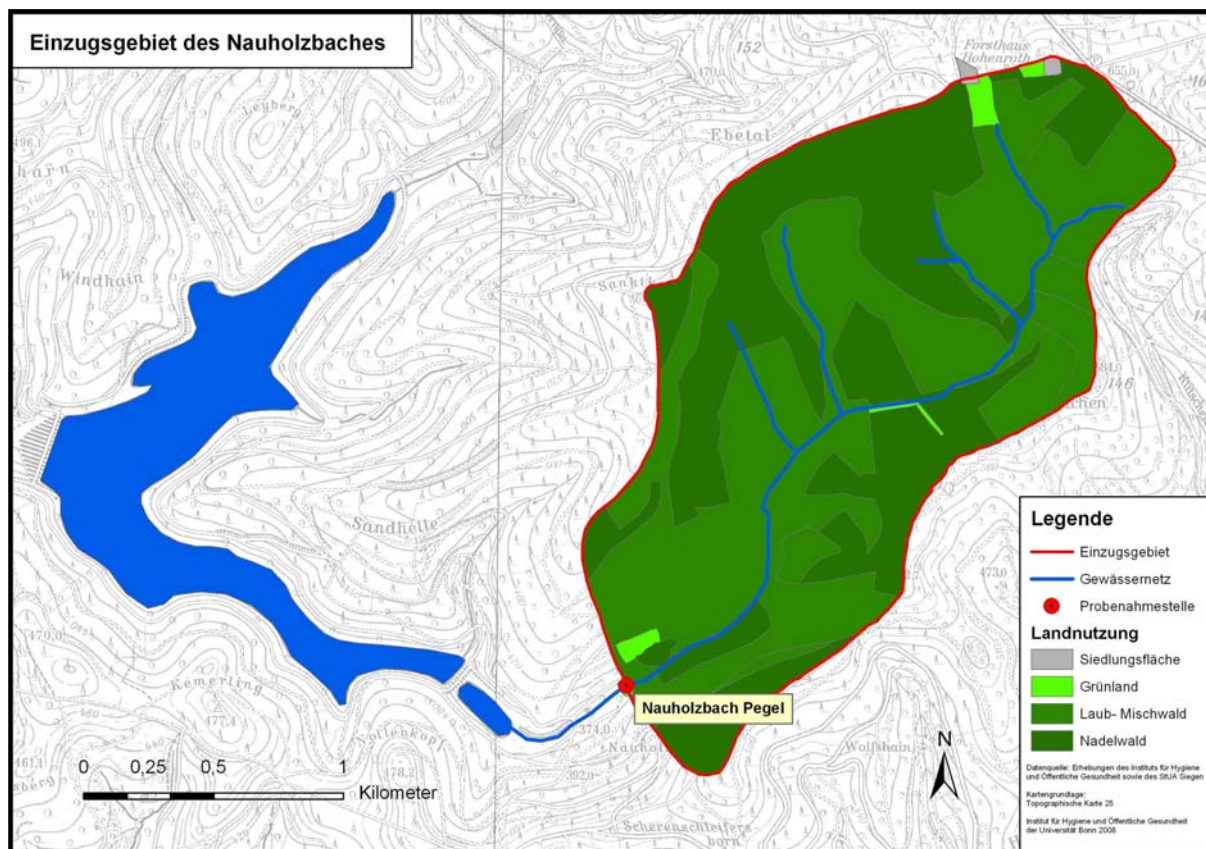


Abb. 3: Einzugsgebiet des Nauholzbaches

### Die Trinkwassertalsperre

Die Obernautalsperre ist mit einem Fassungsvermögen von 14,9 Mio. m<sup>3</sup> die größte Talsperre des Siegerlandes und wurde 1972 in Betrieb genommen. Sie ist durch die in Tab. 6 aufgeführten technischen Daten charakterisiert (Franke und Frey, 1987, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 1990, Grebe, o. J.). In den Jahren 1981-1985 ließ der Wasserverband Siegerland einen Überleitungstollen für die Beileitungstäler Sieg-, Sinderbach- und Michelbachtal bauen, da mit dem Anstieg des Wasserbedarfs der Zufluss durch die Bäche Obernau und Nauholzbach zu gering

war. So wurde das Niederschlagseinzugsgebiet künstlich nahezu verdoppelt. Um die Obernautalsperre sind zum dem 7. Januar 1989 Wasserschutzzonen beschlossen worden, die das gesamte Talsperreneinzugsgebiet einschließen (Wasserschutzgebietsverordnung Obernautalsperre, 1989). Die Talaue des Nauholzaches (Gewässerrandstreifen) gehört zur Wasserschutzzone I b, der Rest des Untersuchungsgebietes zur Zone II (Einzugsgebiet).

Tab. 6: Technische Daten Obernautalsperre und hydrologische Kenndaten des Einzugsgebietes

| <b>Obernautalsperre</b>                                      |                        |                               |
|--|------------------------|-------------------------------|
| Stauraum Mio. (Mio. m <sup>3</sup> )                         | 14,9                   |                               |
| Vorstaubecken (Mio. m <sup>3</sup> )                         | 0,051                  |                               |
| Stauziel (m über NN)   | 369,7                  |                               |
| Speicheroberfläche (höchstes Stauziel) (km <sup>2</sup> )    | 0,86                   |                               |
| Ausbaugrad (Stauraum/Jahresabflußsumme)                      | 0,86                   |                               |
|  | Gesamtes Einzugsgebiet | Teileinzugsgebiet Nauholzbach |
| Grösse (km <sup>2</sup> )                                    | 11,3                   | 3,27                          |
| Mittlerer Abfluß (l/s)                                       | 548,58                 | 45,73 (1997)                  |
| Jahresabflusssumme (Mio. m <sup>3</sup> )                    | 17,3                   | 1,44 (1997)                   |
| Abflussspende (Abfluss/Einzugsgebiet) (l/s km <sup>2</sup> ) | 48,55                  | 13,98                         |

### Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Der Siedlungsflächenanteil beträgt 0,3% und beschränkt sich auf das Forsthaus Hohenroth. Es befindet sich auf der Wasserscheide zur Netphe direkt am Waldparkplatz (Eichenauer et al., 1995). Die Abwasserentsorgung des Forsthauses erfolgt über eine Dreikammergrube, die in die Netphe entwässert. Für die Zukunft ist eine Pflanzenkläranlage geplant, deren Ablauf in einen Löschteich geleitet wird.



### Landwirtschaft

Im Untersuchungsgebiet beschränkt sich die landwirtschaftliche Nutzung auf Grünland in Form von Weiden in direkter Nähe zum Forsthaus Hohenroth, kleinere zur jagdlichen Nutzung präparierte Lichtungen und die Wiesen unterhalb des Pegels Nauholzbach, welche insgesamt 0,8% des Einzugsgebietes in Anspruch nehmen (Eichenauer et al., 1995). Ackerflächen fehlen völlig.

### Forstwirtschaft

Im Einzugsgebiet des Nauholzbaehes liegt der Waldanteil bei 98,9% (Laubwald 46,8%, Nadelwald 41,5%, Mischwald 10,6%). Die Wasserschutzfunktion hat höchste Priorität, daneben ist Erholungsfunktion ausgewiesen (Kiemstedt et al., 1982). Beeinträchtigungen der Gewässerläufe aufgrund von Freizeitaktivitäten konnten im Untersuchungsgebiet nicht beobachtet werden.

Im östlichen Bereich, dem Talansatz, der als Staatsforst dem Forstamt Hilchenbach untersteht, finden sich Laub-Nadel-Mischwälder, die extensiv forstwirtschaftlich genutzt werden. Der zweite Waldeigner, der Wasserverband Siegerland, bewirtschaftet die Talauie im Bereich der Wasserschutzzone I b und pflegt die potentiell natürlichen Auen-Pflanzengemeinschaft.

Die Siegerland-typische Haubergsgenossenschaft ist der dritte Haupteigentümer. Sie nutzt den Wald intensiv und pflanzt auf den ihr unterstehenden westlichen Talflanken Fichtenmonokultur. Die enge Pflanzweise verhindert eine Kraut- und Strauchschicht und wirkt so erosionsfördernd. Zusätzlich führen Rückeschneisen in Hangrichtung ebenso wie zerfahrene Waldwege zu verstärkter Erosion. Tiefe Furchen und Rillen lassen sich bis in den Nauholzbach verfolgen. Die Erosion mindernden Querrinnen auf Wegen werden durch die große Schuttfracht schnell verstopft und verschlämmt. Zum schnelleren Abtransport des Schutts werden teilweise neben den Wegen Gräben ausgehoben, wodurch das natürliche Bachbett zerstört wird.

### Wildwirtschaft

Nach der Wasserschutzonenverordnung ist die Jagd auch in der Wasserschutzzone I b erlaubt. Der Wildbestand an Rothirsch und Reh, Muffelwild und Schwarzwild hat im Einzugsgebiet in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen und ist mittlerweile überhöht. Problematisch ist vor allem der Rehbestand von ca. 15 Tieren pro 100 ha, der bedeutend über dem verträglichen Wert von 5-10 Tieren liegt (mündl. Mittlg. Herr Hoffmann, Forstamt Hilchenbach).

### **3.1.2 Kall**

#### Geographische Lage

Das Einzugsgebiet der Kalltalsperre, Gemeinde Simmerath, befindet sich am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges im Nordwesten der Eifel. Ein kleiner Teil im Südwesten gehört zur Stadt Monschau, der westliche Teil liegt auf belgischem Staatsgebiet. Das Gebiet mit einer Größe von 29,6 km<sup>2</sup> erstreckt sich von Südwesten nach Nordosten. Die Region wird an ihrer Nordseite vom Rücken des Hohen Venn und der Vennfußfläche begrenzt. Im Osten und Süden schließt sich die Rureifel an.

#### Geologie und Böden

Das Einzugsgebiet erstreckt sich beinahe senkrecht zum Streichen der nach WSW anschließenden ordovizischen und devonischen Sedimente (Schütt, 1993). Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind insbesondere die pleistozänen Hangschuttdecken. Auf devonischem Untergrund, der den größten Teil des Einzugsgebietes einnimmt, bildeten sich Braunerden sowie Pseudogleye. Im Bereich des Vennsattels führten die wasserstauenden Verwitterungslehme zur Ausbildung von Braunerden und Gleyen, die in Moore übergehen können (Schütt, 1993).

#### Geomorphologie

Das Einzugsgebiet bildet eine breite, flach reliefierte Hochebene mit relativ schmalen, tief eingeschnittenen Tälern. Die Reliefenergie nimmt im Untersuchungsgebiet generell talwärts zu (Kim, 1989). Die niedrigste Stelle ist das Stauniveau der Kalltalsperre mit 421 m über NN. Die Oberläufe der Kall und ihrer Zuflüsse besitzen Spülmuldentäler, muldenförmige Querprofile, die mit konvex geformten Hängen in die Flächen übergehen. Nachdem die Bäche den Vennsattel verlassen haben, herrschen als Talform Kerbtäler vor (Schütt, 1993).

#### Klima und Wettergeschehen

Das Einzugsgebiet der Kall liegt im humiden Klimabereich Mitteleuropas. Im Quellgebiet der Kall, liegt die mittlere Jahressumme des Niederschlages bei 1.150 mm, an der Talsperre, bei etwa 1.000 mm. Die Jahresmitteltemperatur des Hohen Venn liegt bei 6 °C mit etwa 60 Schneetagen. Die etwas geschützter gelegene Rureifel weist eine mittlere Jahrestemperatur zwischen 6 und 7 °C auf (Deißmann, 1996).

#### Hydrologie

Die geringe Wasserdurchlässigkeit des tonhaltigen Schiefers und relativ hohe Niederschläge schaffen auf dem Hohen Venn die Voraussetzung für das Entspringen zahlreicher Gewässer, wie Kall und Keltzerbach. Bei Hochwasser, insbesondere im

Herbst und während der Schneeschmelze, steigt das Wasser rasch an und fließt auch oberirdisch schnell ab. Die mittlere jährliche Jahresabfluss des Einzugsgebietes Kall-Oberlauf beträgt 500-700 mm. Im Jahresmittel machen die Anteile des Direktabflusses etwa zwei Drittel am Gesamtabfluss aus (Schütt, 1993). Durch umfangreiche Drainierungsmaßnahmen wurden die Jahresabflusssumme im Untersuchungsgebiet wesentlich beeinflusst.

#### Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Insgesamt leben im 29,6 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiet der Kalltalsperre 5.300 Menschen und die Besiedlungsdichte ist mit 177 Einwohnern/km<sup>2</sup> im Vergleich zu NRW leicht unterdurchschnittlich. Der Siedlungsflächenanteil beträgt 14,7 %. Alle Ortslagen der Gemeinde Simmerath sind seit 1997 an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Die Ortschaften Witzerath und Rollesbroich verfügen über Mischkanalisation sowie Regenüberlaufbecken Die Ortschaften Lammersdorf und Simmerath über Trennkanalisation. Hier bestehen Erlaubnisse zur Einleitung von unverschmutzten Niederschlagswässern aus der Trennkanalisation über Vorfluter in Kall und Keltzerbach, Bruchgraben, Kranzbach und Fischbach.

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). Über die Abwasserentsorgung im belgischen Teils des Einzugsgebietes liegen keine näheren Angaben vor. Insgesamt sind im Einzugsgebiet der Kalltalsperre 33 Anwesen nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossen, sondern verfügen über dezentrale Abwasserentsorgung.

#### Landwirtschaft

Am Oberlauf der Kall wurde erst durch umfangreiche Meliorationsmaßnahmen zur Entwässerung der Hochmoorgebiete in der 2. Hälfte dieses Jahrhunderts landwirtschaftliche Nutzung in größerem Umfang möglich (Schütt, 1993). Rund 247 ha (17 %) sind nachweislich drainiert, vermutlich jedoch insgesamt 311 ha (21 %) (Björnsen, 1998). Im Untersuchungsgebiet beträgt der landwirtschaftliche Flächenanteil 55,1 % (47,1 % Weiden, 7,8 % reine Mähwiesen, 0,2 % Ackerland), auf denen im Wesentlichen Milchviehhaltung betrieben wird.

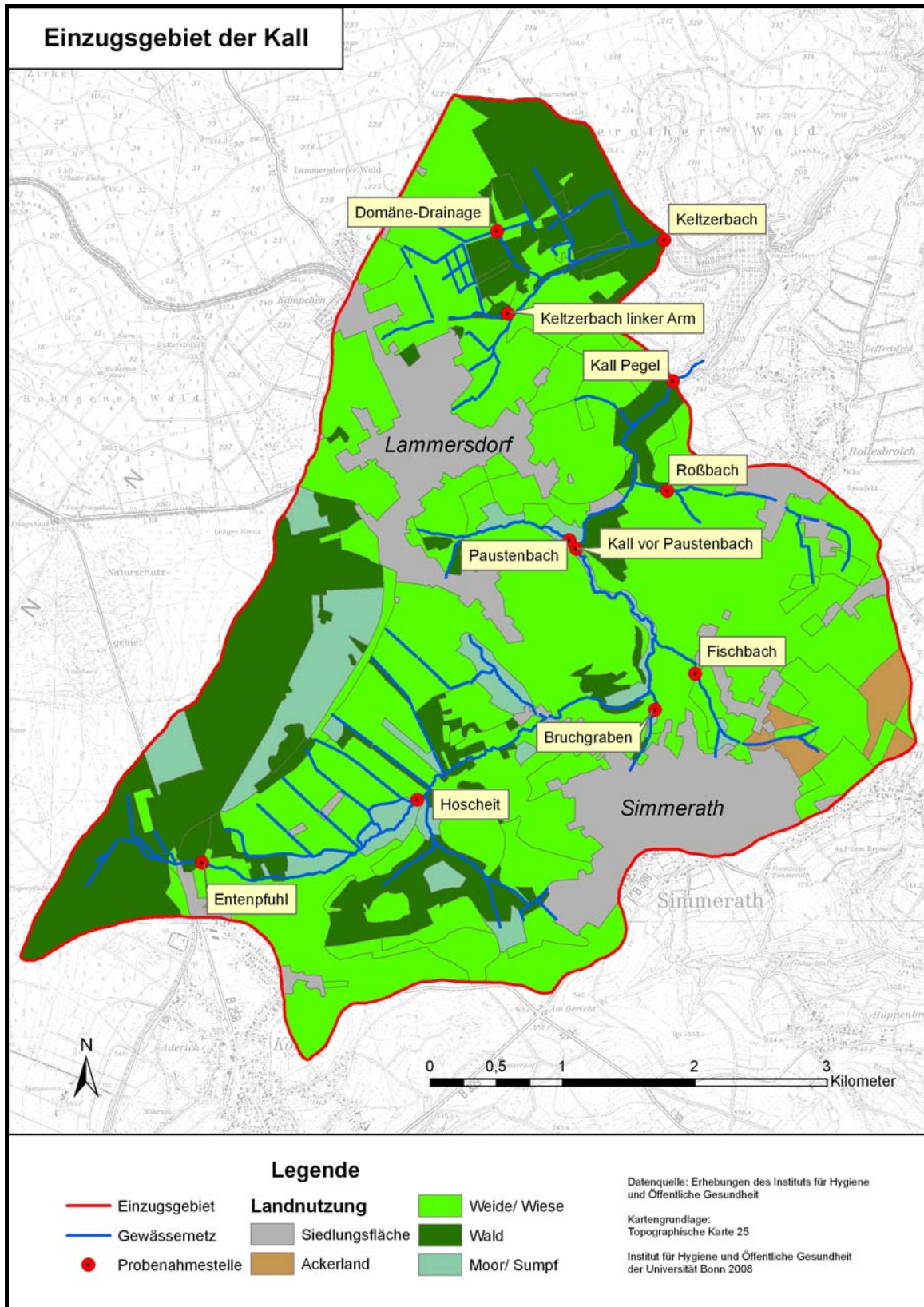


Abb. 4: Einzugsgebiet der Kall

Vom Verbot der Gülleausbringung in der geplanten Wasserschutzzone II und der drainierten Flächen in Zone III (Abb. 5) wären nach Untersuchungen der Kreisstelle Aachen der Landwirtschaftskammer von den insgesamt 59 landwirtschaftlichen Betrieben im Einzugsgebiet 25 in ihrem Wirtschaften nachhaltig beeinträchtigt (Björnsen, 1998). Verunreinigungen durch Viehtrieb auf Feldwegen findet man auch in Gewässernähe. Besonders auffallend war dies im Bereich einer Furt durch die Kall unterhalb von Bickerath, wo die Querung des Baches durch eine Viehherde festgestellt wurde.

### Forstwirtschaft

Der Waldanteil im Untersuchungsgebiet liegt bei 21,2 %. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Nadelwald. Das größte zusammenhängende Waldgebiet befindet sich im Einzugsgebiet des Keltzerbaches (Schütt, 1993). 25 ha Wald liegen in Wasserschutzzone I und 575 ha in Zone II des in Ausweisung befindlichen Schutzgebietes (Abb. 5). Im belgischen Teil des Einzugsgebietes wurde westlich von Lammersdorf, unmittelbar hinter der Bahntrasse (Flurname: Brand), ein größerer Kahlschlag aufgefunden. 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.

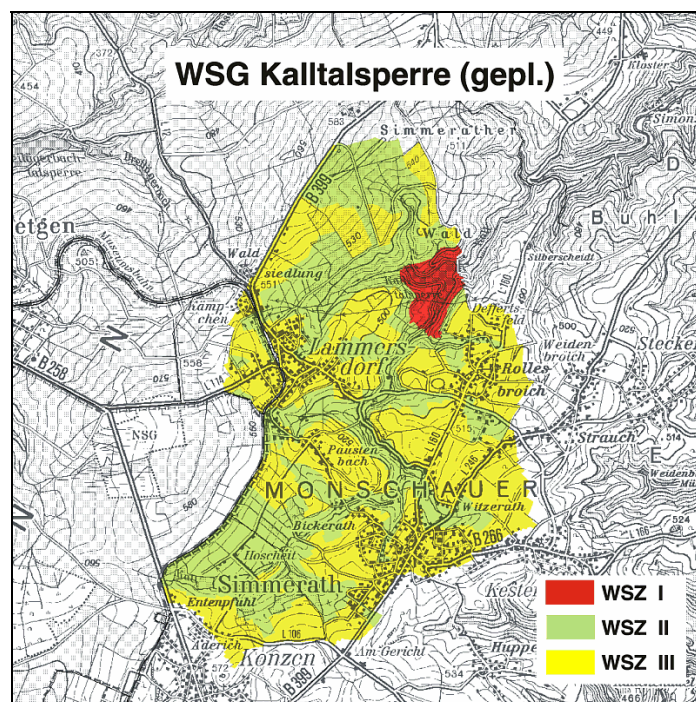


Abb. 5. Geplantes Wasserschutzgebiet Kalltalsperre

### 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 Schwarzwild. Als Besonderheit wurde bei der Probenahmestelle Bruchgraben in Simmerath eine Fläche mit Damwildhaltung erfasst. Der Wildbesatz ist in Talsperrennähe geringer als in den höheren Lagen. Probleme ergeben sich durch die Anfütterung der Wildtiere, denn die Jagdpächter beginnen oft schon im Oktober die Tiere an die Futterplätze „zu gewöhnen“. Die Vorgabe sieht dies nur in Notzeiten und erst im Zeitraum zwischen Dezember und März vor (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. In den Jahren 1924-1926 wurde von Roetgen in Höhe der Dreilägerbachtalsperre ein 6,2 km langer Freispiegelstollen zum Kall- und Keltzerbachtal vorangetrieben (Kallstollen), um das benachbarte Niederschlagsgebiet zu erschließen. Die Bachfassungen wurden in den 1930er Jahren durch den Bau der Kalltalsperre ersetzt, deren Hauptzuflüsse die Kall und der Keltzerbach sind. Eine Übersicht über die technischen Daten der Kalltalsperre und einige hydrologische Kenndaten der Kall ist in Tab. 7 gegeben (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 1990).

Tab. 7: Technische und hydrologische Daten der Kalltalsperre und der Wahnbachtalsperre

|   | <b>Kalltalsperre</b> | <b>Wahnbachtalsperre</b> |
|---|----------------------|--------------------------|
| Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )                                | 29,6                 | 69,3                     |
| Mittlerer Abfluß (l/s)  | 564,43               | 552,81 (1997)            |
| Jahresabflusssumme (Mio. m <sup>3</sup> )                       | 17,8                 | 17,4 (1997)              |
| Abflussspende<br>(Abfluss/Einzugsgebiet) (l/s km <sup>2</sup> ) | 19,07                | 7,97                     |
| Stauraum Mio. (Mio. m <sup>3</sup> )                            | 2,1                  | 41,3                     |
| Vorstaubecken (Mio. m <sup>3</sup> )                            | nicht vorhanden      | 0,7                      |
| Stauziel (m über NN)  | 420,77               | 124                      |
| Speicheroberfläche<br>(höchstes Stauziel) (km <sup>2</sup> )    | 0,18                 | 1,99                     |
| Ausbaugrad<br>(Stauraum/Jahresabflusssumme)                     | 0,12                 | 2,37                     |

Für die Kalltalsperre und den deutschen Teil ihres Einzugsgebietes liegt bislang ein Entwurf zur Wasserschutzgebietsverordnung 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 und Treiben von Vieh jeder Art an/durch oberirdischen Gewässern und Gräben sind in Zone II verboten.

### **3.1.3 Wahnbach**

#### Geographische Lage

Das Einzugsgebiet gehört zu etwa 70% zur Gemeinde Much, etwa 30% befinden sich in der Gemeinde Neunkirchen-Seelscheid, der äußerste Nordosten gehört zur Stadt Wiehl (Abb. 7). Es liegt im Süden des Süderberglandes und bildet einen schmalen Streifen, der sich auf einer Länge von 20 km von Südwesten nach Nordosten über die Bergische Randplatte und das Agger-Wiehl-Bergland erstreckt. Die Höhe liegt zwischen 130 m über NN am Pegel Wahnbach und 383 m über NN am Heckbergzug, welcher das Gebiet im Nordosten begrenzt.

#### Geologie und Böden

Im Untersuchungsgebiet besteht der geologische Untergrund aus devonischen Grauwacken und Tonsteinen. Die vorherrschenden Böden sind Braunerden und Parabraunerden, die teilweise pseudovergleyt auftreten (Schulte-Wülwer-Leidig, 1985). Im Bereich der Talsperre liegen Lössanwehungen mit bis zu 2 m Mächtigkeit. Im Einzugsbereich des Wahnbaches und seiner Nebengewässer nimmt die Lössmächtigkeit ab und beträgt auf der Höhe von Scheid nur noch 10 cm. Die Lössböden sind - vor allem bei Starkregen - sehr erosionsanfällig, da gefallene Niederschläge nur in geringem Maße aufgenommen werden und es folglich zu einem erheblichen Oberflächenabfluss mit großen Erosionsschäden kommt (Briese, 1984).

#### 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. Die für das Bergische Land typischen Siefen -tief ein-

geschnittene, kleine Kerbtäler mit steilen Hängen- sind junge Erosionsformen (Nicke, 1979).

### Klima

Der größte Teil des südlichen Bergischen Landes weist ein kühl-feuchtes ozeanisches Berglandklima auf. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt 800 mm im Westen, sie steigt im Osten auf bis zu 1.200 mm an. Die mittleren Januartemperaturen schwanken zwischen -3 und 0° C. Die Julimittel liegen zwischen 12 und 16 °C (Galunder, 1994).

### Hydrologie

Der Wahnbach entspringt in einer Höhenlage von 340 m über NN im Bergischen Land und mündet bei 65 m über NN in die Sieg. Sein gesamtes Einzugsgebiet hat eine Größe von fast 70 km<sup>2</sup>. In seinem Oberlauf ist er weitgehend unverändert, im Mittel- und Unterlauf jedoch deutlich anthropogen überprägt. Die Begradigungen, Verlegungen und Befestigungen haben die auf das Bachbett wirkenden erosiven Kräfte verstärkt. Die Sediment- und Geschiebefracht wird im Herrenteich sowie in der Vorsperre abgelagert und führt dort zu Verlandungen.

### Die Trinkwassertalsperre

Der Bau der Wahnbachtalsperre begann 1954. Die Wasserversorgung durch den WTV wurde 1958 aufgenommen. Die Wahnbachtalsperre ist ein 7,5 km langer Rinnensee in U-Form mit einem Stauraum von 41,3 Mio. m<sup>3</sup>. Am Einlauf des Wahnbaches in die Talsperre wurde ein Vorbecken mit 0,45 Mio. m<sup>3</sup> errichtet. Durch den Bau der Phosphor-Eliminierungsanlage 1975/76 wurde dieser Stauraum auf 0,70 Mio. m<sup>3</sup> vergrößert (Tab. 7).

Am 1. April 1965 wurde vom Regierungspräsidenten die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes erlassen. Sie erstreckte sich auf die Schutzzonen I, II, III A und III < B mit einer Gesamtfläche von 30 km<sup>2</sup>. Am 14. Mai 1993 trat die überarbeitete Fassung dieser Verordnung in Kraft. Diese unterscheidet die Schutzzonen I, II a (innerer Bereich), II b (äußerer Bereich) und III (Abb. 6). Das Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre hat nun eine Größe von rund 70 km<sup>2</sup>. Das Untersuchungsgebiet liegt im Einzugsgebiet des Wahnbaches oberhalb der Talsperre, damit befindet es sich ausschließlich in Bereichen der Schutzzonen II b (äußerer Bereich) und III (Such und Engelhardt, 1995)



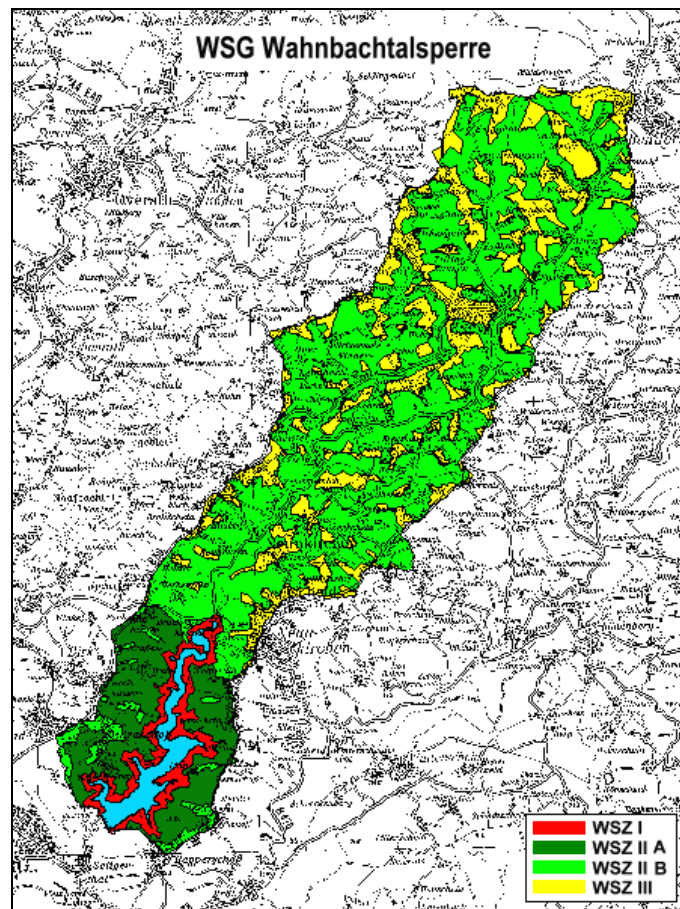


Abb. 6: Wasserschutzonen im Einzugsgebiet der Wahnbachtalsperre

### Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Im Einzugsgebiet leben insgesamt 16.000 Menschen in sechs größeren geschlossene Ortslagen, sowie etwa 90 Weilern und Einzelhöfen. Die Besiedlungsdichte des Einzugsgebietes entspricht mit 229 Einwohnern/km<sup>2</sup> fast exakt dem deutschen Durchschnitt von 231 Einwohnern/km<sup>2</sup> und nimmt weiter zu. In der Gemeinde Much sind bis heute noch nicht alle Ortslagen an die öffentliche Kanalisation angeschlossen und hier befinden sich drei Regenüberlaufbecken (RÜB). Eine Belastung der Oberflächengewässer durch ungeklärte Siedlungsabwässer kann nicht sicher ausgeschlossen werden. In der Gemeinde Neunkirchen-Seelscheid befinden sich 3 Kleinkläranlagen, 2 RÜB und 3 Regenrückhaltebecken. Der Nordosten des Einzugsgebietes gehört zur Stadt Wiehl (Oberbergischer Kreis) und entwässert über eine Pumpstation aus dem Einzugsgebiet des Wahnbaches heraus (Tiefbauamt der Stadt Wiehl, tel. Auskunft). Die im Untersuchungsgebiet liegenden Kläranlagen Much und Hillesheim liegen in der Schutzzone II b (äußerer Bereich) der Wahnbachtalsperre. Das geklärte Wasser wird aus den Anlagen in den Wahnbach bzw. den Markelsbach eingeleitet.

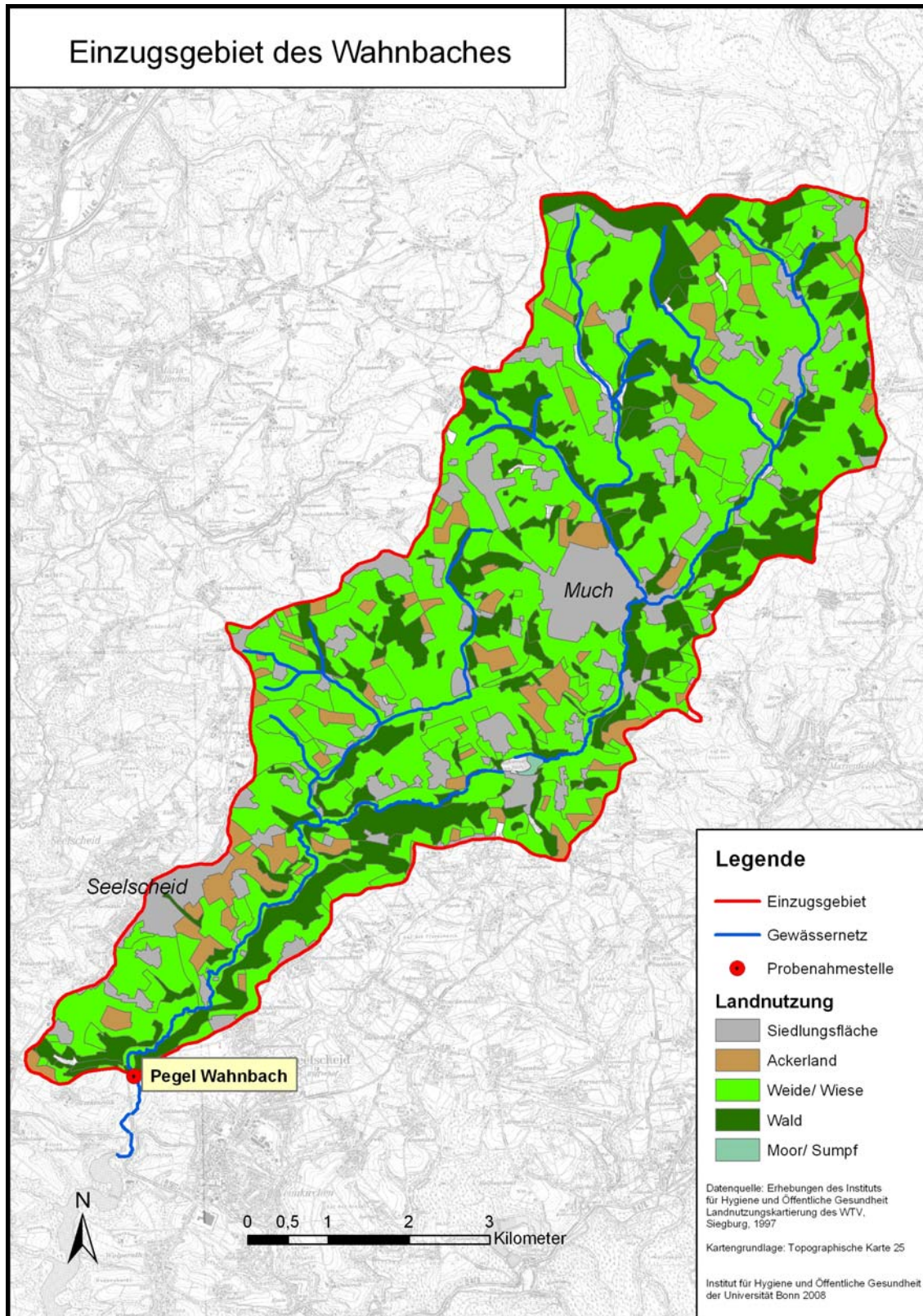


Abb. 7: Einzugsgebiet des Wahnbaches

### Landwirtschaft

47 % der Flächen im gesamten Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre werden landwirtschaftlich genutzt (Abb. 7), davon entfallen etwa 41 % auf Grünland und 6 % auf Ackerfläche. Die Bewirtschaftung dieser Flächen wird von etwa 150 landwirtschaftlichen Betrieben geleistet, von denen ungefähr 50 % Vollerwerbsbetriebe sind. Es handelt sich dabei i. d. R. um milcherzeugende Betriebe. Daneben wird auch extensive Bullenmast mit etwa 20-30 Bullen/Betrieb betrieben (pers. Mittlg. Herr Schmidt, Landwirtschaftskammer Rheinland, Kreisstelle Rhein-Sieg). 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:

- Abstand bewirtschafteter Flächen zu Gewässern mehr als 5 m;
- Auszäunung von Weideflächen;
- Überwachung der Aufbewahrung von Gülle und Silage.

Laut Wasserschutzgebietsverordnung müssen alle Bäche an Weideflächen ausgezäunt werden. Eine Kontrolle ist wegen der Größe des Einzugsgebietes und aus personellen Gründen allerdings nicht durchführbar. Das Verbot, Vieh durch Gewässer zu treiben, wird nicht eingehalten, da Übergänge wegen der hohen Kosten kaum realisiert werden. 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 wie auch 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 (Schulte-Wülwer-Leidig, 1985). Da im Untersuchungszeitraum kein Viehtrieb auf den Flächen entlang dem Wahnbach und seinen Zuläufen stattfand, gehen erhöhte Trübungswerte in diesem Fall auf Erosionsvorgänge an den Ufern zurück.

### Forstwirtschaft

Im gesamten Wahnbach-Einzugsgebiet stehen ca. 24 % der Flächen unter Wald. Es handelt sich dabei vorwiegend um Mischwald mit hohem Buchenanteil. Reine Na-

delwälder kommen nur vereinzelt vor. Oberhalb des Ufers der Wahnbachtalsperre reicht der Wasserschutzforst bis an das höchste Betriebsstauziel. Genauere Daten über Nutzungsintensitäten waren von der zuständigen Forstverwaltung nicht zu erhalten.

### Fischwirtschaft

Im Bergischen Land wird traditionell Fischwirtschaft betrieben. Teiche werden in den Siefen aufgestaut und dabei sehr tief angelegt, um Zeiten mit Wassermangel auszugleichen. Im Wasserschutzgebiet der Wahnbachtalsperre existiert noch eine Vielzahl von Teichen dieser Bauart, die größtenteils zum Angelsport genutzt werden. (Gropp, 1992). Die fäkalen Ausscheidungen der Fische sowie menschliche Fäkalien, die durch mangelnde sanitäre Anlagen in das Gewässer gelangen, können zu mikrobiologischen Belastungen führen. Das Einleiten von Abwässern aus der Fischintensivzucht in Gewässer wird durch § 7a Wasserhaushaltsgesetz bzw. die 29. VwV geregelt (Hansen, 1990). Zumindest in Gibbinghausen konnten 1999 Einleitungen aus Fischteichen direkt in den Esinghauser Bach, einen Nebenbach des Wahnbaches, bestätigt werden.

### **3.1.4 Swist**

#### Geographische Lage

Das Einzugsgebiet der Swist hat eine Größe von 285 km<sup>2</sup> und erstreckt sich von den Gemeinden Grafschaft und Altenahr im Süden bis nach Weilerswist im Norden, wo die Swist nach 42 km Fließstrecke in die Erft mündet (Abb. 8). In der West-Ost-Ausdehnung umfasst es das Gebiet von Flamersheim bis Meckenheim (Meynen et al., 1959). Es 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 (siehe Abb. 8).

#### 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. Danach verläuft sie bis zur Mündung ausschließlich in quartären Hauptterrassenschottern des Rheins, welche tertiären Sanden, Kiesen und Tonen aufliegen (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997). Für die Bodenbildung im Einzugsgebiet, der Zülpicher Börde sind vor allem die bis zu

2 m mächtigen Lößschichten von Bedeutung. Diese Böden der Rheinbacher Lößplatte sind durch einen mittleren bis hohen Nährstoffgehalt charakterisiert. In den Niederungen der Fließgewässer kommt es vereinzelt zu Staunässebildung, die zur Ausbildung von Gley-Böden führt. Im Bereich von Geländestufen und an den Talrändern findet eine Durchmischung des Oberbodenmaterials mit den darunter lagernden Kiesen und Sanden statt; es bilden sich dort nährstoffärmere Böden aus (Meynen et al., 1959).

### Geomorphologie

Die Grenze zwischen der Villescholle und der Erftscholle 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. (Meynen et al., 1959).

### Klima und Wettergeschehen

Das Einzugsgebiet zeichnet sich durch milde, trockene Winter und feuchte, relativ kühle Sommer aus. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 9-10 °C. Das Untersuchungsgebiet liegt in Leelage zum östlichen Eifel Fuß, weshalb die mittleren Jahresniederschläge nur bei 650 bis 700 mm/Jahr liegen. Für das Abflussverhalten aller Fließgewässer des Gebietes sind die am Nordostrand der Eifel fallenden Niederschläge von Bedeutung (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997).

### Vegetation

Ein Großteil des Einzugsgebietes liegt in der waldfreien, intensiv ackerbaulich genutzten Zülpicher Börde. Allerdings sind im Bereich der Oberläufe der Fließgewässer die Waldgebiete gut erhalten. Im Süden des Untersuchungsgebietes überwiegen in Fließgewässernähe die geschlossenen, alten und relativ natürlichen Gehölzbestände. Nördlich von Flerzheim sind 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 Kalenborn, in einer Höhe von ca. 325 m über NN. Sie fließt entlang der Ortschaften Meckenheim, Flerzheim, Heimerzheim und mündet schließlich nördlich von Weilerswist in die Erft. Zahlreiche kleinere Bäche speisen sie, so z.B. der Jungbach, wie auch der Schießbach.

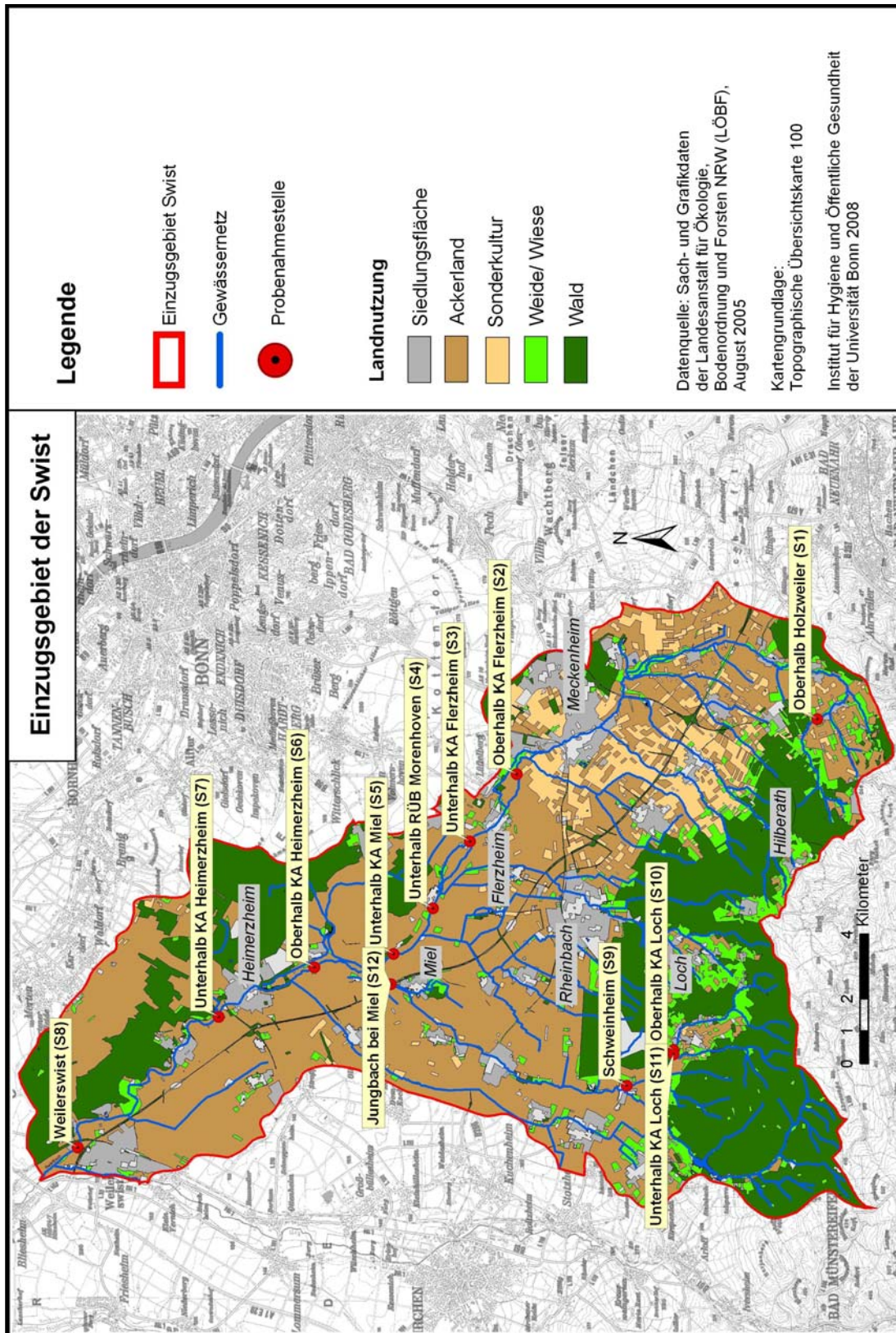


Abb. 8: Einzugsgebiet der Swist und Ihrer Nebengewässer

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. Aufgrund der geringen Speisung durch Niederschläge und der tief reichenden Kies- und Sandschichten weist das Untersuchungsgebiet keinen einheitlichen Grundwasserhorizont auf. Es kommt zu Versickerungen von Bachabschnitten, dies gilt z.B. für den Jungbach/Ohrbach bei Essig, gleichfalls für den Schießbach in der Nähe von Dom-Esch (Meynen et al., 1959). In besonders trockenen Sommern können diese Bachabschnitte trockenfallen, obwohl die Bäche im Oberlauf noch Wasser führen (Erftverband, 1995).

Lediglich im Quellgebiet bis etwa zur Ortschaft Esch fließt die Swist in ihrem natürlichen Bett. Die aktuelle Gewässerstrukturgütekartierung der Swist weist einen anthropogen weitgehend veränderten Gewässerlauf aus (Erftverband, 1995). Die meisten Nebengewässer der Swist fließen dagegen überwiegend in ihrem natürlichen oder einem naturnahen Bett. 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 Drainwässer 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. Erst die Durchführung der im "Gewässerauenprogramm Swist" geplanten Maßnahmen bewirkte eine erhebliche Verbesserung der Gewässergüte der Swist (MUNLV, 1999). Im Gewässergüterbericht der Jahre 1993/94 wurde die Swist stellenweise nur mit Güteklasse II-III (kritisch belastet) oder III (stark verschmutzt) beurteilt. Ihre Nebengewässer wurden im selben Jahr überwiegend mit der Güteklasse II-III oder II bewertet (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997). Besonders unterhalb der Kläranlage Flerzheim wurde noch eine kritische Belastung festgestellt. Die Einleitung von Abwässern einer Lederfabrik und der Kläranlage Flamersheim in den Schießbach trugen dort wesentlich zur Belastung des Gewässers bei, so dass es unterhalb der Ortschaft Dünstekoven, als sehr stark verschmutzt (Güteklasse III-IV) eingestuft wurde. 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. Seit 1999 kann die Swist durchgängig in die Klasse II (gering belastet) eingestuft werden.

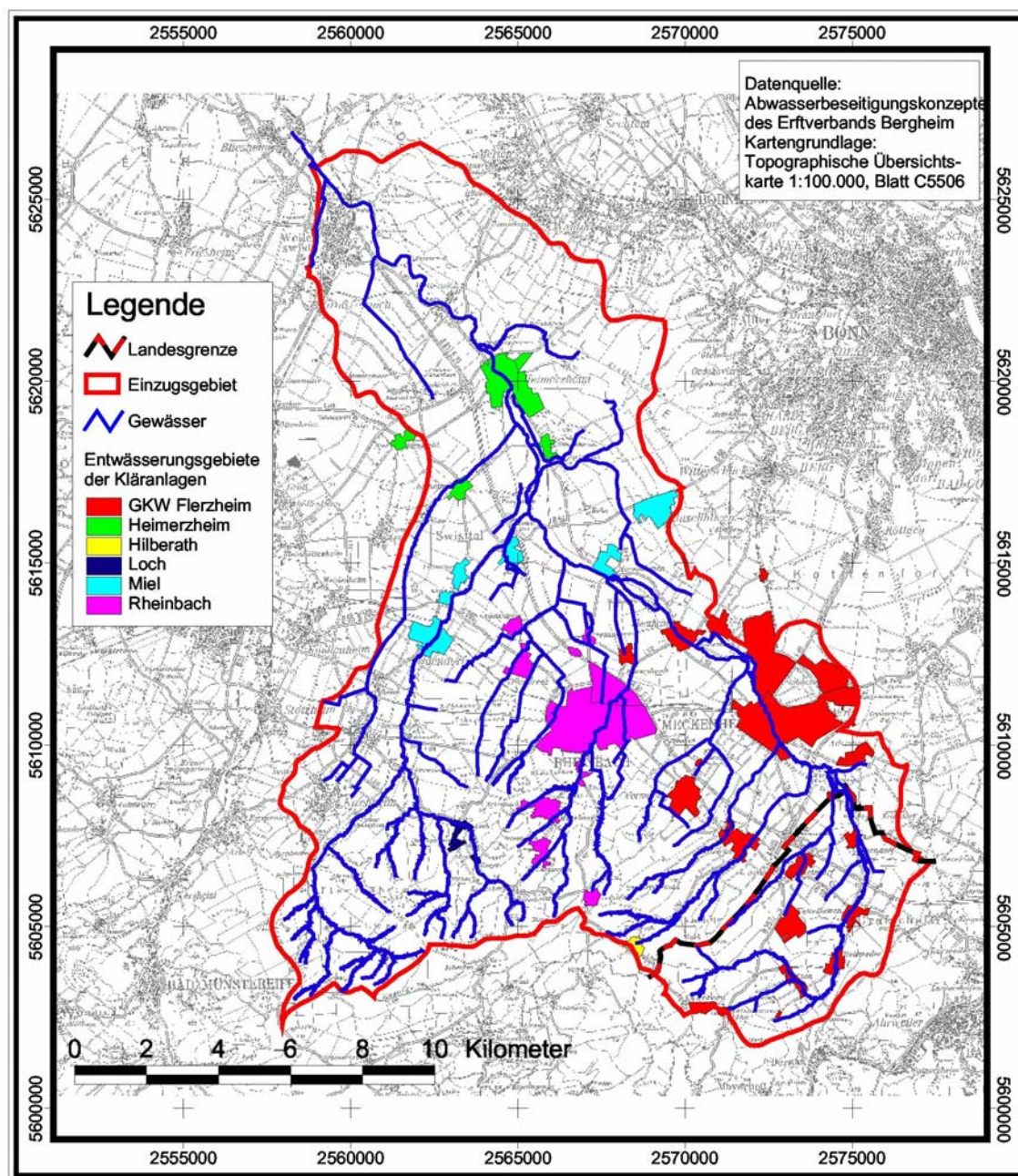


Abb. 9: Entwässerungsgebiete der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist

### Siedlungen und Abwasserwirtschaft

Im Untersuchungsgebiet leben ca. 70.000 Menschen (246 Einwohner/km<sup>2</sup>). Meckenheim, Rheinbach, Wachtberg sowie Swisttal und Weilerswist sind die größten Städte und Gemeinden im Einzugsgebiet. Der Siedlungsflächenanteil liegt bei 12 %; etwa 6 % der Fläche sind als Wohnbaufläche ausgewiesen. Die kommunale Abwasserbehandlung im Untersuchungsgebiet obliegt dem Ertftverband. Alle Ortschaften im Ein-



zugsgebiet sind an die öffentliche Kanalisation angeschlossen (mündl. Mitteilung der Unteren Wasserbehörde des Rhein-Sieg Kreises vom 14.06.2000). 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 Abb. 9, weitere Einzelheiten in Kapitel 3.2, dargestellt.

### Erholung

Im Einzugsgebiet der Swist finden sich vielfältige Sportmöglichkeiten, Rad- und Wanderwege, Reiterhöfe und ein Golfplatz (Strukturatlas Rhein Regio (Swisttal), 1996). Vereinzelt wurde eine Freizeitnutzung der Swist und ihrer Nebengewässer festgestellt. So war z.B. an einer über den Bach hängenden Weide Spielgerät befestigt. Innerhalb der Ortslage Metternich weisen Trampelpfade zum Gewässer und im Bachbett errichtete kleine "Stauwälle" ebenfalls auf spielende Kinder hin. Während der Sommermonate wird in der Madbachtalsperre (Loch/Queckenberg) gebadet.

### Landwirtschaft

Entsprechend der hohen Bodengüte ist die Börde durch ausgedehnte, offene Ackerfluren mit Weizen- oder Zuckerrübenanbau gekennzeichnet (Herzog und Troll, 1968). Im Eifelvorland kommt Grünlandwirtschaft und Obstanbau hinzu (Meynen et al., 1959). Vor allem im Raum Meckenheim haben sich Obstanbau und Baumschulen gegenüber dem Ackerbau durchsetzen können und hier sind 95 Betriebe in diesem Bereich tätig (Strukturatlas Rhein Regio (Meckenheim), 1996).

Insgesamt werden im Einzugsgebiet 45 % der Fläche ackerbaulich und 7 % als Grünland genutzt. Hinzu kommen 7 % Fläche, die zum Anbau von Sonderkulturen genutzt werden. Auf dem Grünland findet neben Milchviehhaltung vor allem Pferdehaltung statt. Rinder- und Schweinemast werden betrieben, sind aber von geringerer Bedeutung.

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. So wird aus dem Ohrbach bei Odendorf an vier Stellen Wasser zur Beregnung entnommen. Aus dem Schießbach wird an einer Stelle Wasser zu Bewässerungszwecken entnommen (mündl. Mitteilung durch Herrn Daniel/LWK vom 15.11.2000). Die Entnahme von Oberflächenwasser zur Beregnung erfolgt u. U. auch ohne Erlaubnisbescheid. Im Untersuchungsgebiet wurde an der Probenahmestelle S11 (s. Kap. 3.3.2) außerdem die direkte Entnahme von Flusswasser zur Viehträn-

kung beobachtet. 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.

### Forstwirtschaft

Heute sind 27 % des Einzugsgebietes der Swist von Laub-Nadelholz-Mischwald bedeckt, vereinzelt sind Restwaldinseln in der Agrarlandschaft erhalten geblieben. Rezent finden sich im Einzugsgebiet der Swist nur noch zwei nahezu zusammenhängende Waldflächen (siehe Abb. 8) die im Nordosten liegenden Ausläufer der Waldville sowie einige Wälder im Süden.

### Wildwirtschaft

Im Einzugsgebiet der Swist gibt es natürliche Vorkommen von Damwild, Rehwild, Rotwild und Schwarzwild. Der Wildbesatz des Staatsforstes beträgt 14 Stück Rehwild, 3-5 Stück Schwarzwild, und 1,5 Stück Damwild pro 100 ha. Der Rehbestand liegt damit deutlich über dem verträglichen Wert von 5-10 Tieren. Die Wälder im Einzugsgebiet werden z. T. als Jagden verpachtet, (pers. Mitteilung Herr Artmann, Staatl. Forstamt Bonn). Fütterungs- oder Lagerstellen direkt an den Gewässern wurden in den Jahren 1999-2004 nicht beobachtet.

### Fischwirtschaft

Vor allem südlich von Rheinbach sind entlang mehrerer Bachläufe Fischteiche angelegt. Etwa 2,5 km oberhalb der Probenahmestelle S10 oberhalb der Kläranlage Loch am Hunnensiefen werden z. B. 7 Fischteiche extensiv bewirtschaftet. Etwa 2,2 km oberhalb dieser Probenahmestelle liegt das Anwesen "Haus Winterberg" mit dazugehörigem Teich und Damwildgehege. Das naturnahe Tal des Schnelleckesbachs wurde ebenfalls z. T. durch die Anlage von Fischteichen überformt.

## **3.2 Kläranlagen**

Für diese Arbeit wurden sechs Kläranlagen untersucht. Sie unterscheiden sich in Größe und Ausbaugrad und können in drei Kategorien eingeteilt werden. Zur Übersicht sind die technischen Kenndaten der Kläranlagen im Swisteinzugsgebiet in Tab. 8 dargestellt.

### Kläranlage Flerzheim

Das Gruppenklärwerk (GKW) Flerzheim ist mit 50.000 Einwohnergleichwerten und einem Anlagevolumen von 23.382 m<sup>3</sup> die größte Kläranlage im Einzugsgebiet der Swist. Die Kläranlage reinigt die Abwässer der Stadt Meckenheim mit allen Ortstei-

len, der Ortslagen 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.

Tab. 8: Technische Kenndaten der untersuchten Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist

| Kommune          | Kläranlage  | Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ] | Abwassertyp                         | EW-Gleichwert | Anlagevolumen [m <sup>3</sup> ] | Abwassermenge [1000 m <sup>3</sup> /a] | TW-Zufluß <sup>1</sup> Q <sub>t</sub> [m <sup>3</sup> /h] | M-Zufluß <sup>2</sup> Q <sub>m</sub> [m <sup>3</sup> /h] |
|------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------------|--|---|--|
| Stadt Meckenheim | Flerzheim   | 12,48                            | Mischsystem (Trennsystem Industrie) | 50.000        | 23.382                          | 3.171                                  | 720   | 1440   |
|                  | Rheinbach   | 7,63                             |                                     | 22.000        | 13.000                          | 1.702                                  | 360   | 720  |
|                  | Heimerzheim | 2,62                             |                                     | 10.700        | 5.446                           | 544                                    | 192,6   | 385,2  |
|                  | Miel        | 2,99                             | Mischsystem                         | 11.000        | 5.667                           | 721                                    | 180   | 396  |
|                  | Hilberath   | 0,22                             |                                     | 850           | 308                             | 37                                     | 10,8  | 50,4   |
|                  | Loch        | 0,35                             |                                     | 850           | 312                             | 93                                     | 21,6  | 43,2   |

<sup>1</sup> Trockenwetterzufluß

<sup>2</sup> Mischzufluss

Von 1989 bis 1996 wurde das Reinigungsverfahren der Kläranlage Flerzheim durch Bau von Vor- und Simultanfällungsanlagen und durch Erweiterung der bestehenden Anlage an die verschärften Qualitätsanforderungen des Bewirtschaftungsplans Swist (1987) angepasst und optimiert. Der Erftverband übernahm im Jahre 1993 gemäß des Landeswassergesetzes NRW die Abwasserbeseitigungspflicht (Erftverband, 1998). Die an das GW 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 der Metallindustrie (Galvanik-Abwässer) und der Öl- und Seifenindustrie aus Bad Münstereifel.

Das im Einzugsgebiet der Kläranlage Flerzheim anfallende Abwasser wird in einer mechanischen und zwei biologischen Klärstufen gereinigt (Abb. 10). Die mechanische Reinigung über Rechen und Sandfang eliminiert grobe Stoffe und mineralische Bestandteile und führt im Vorklärbecken schließlich zum Absetzen der verbliebenen ungelösten Stoffe. Die biologische Reinigungstufe des GW Flerzheim umfasst eine Verfahrenskombination aus Belebung, Festbettreaktor und Filtration. Nach der biologischen Phosphoreliminierung erfolgt die vorgeschaltete Denitrifikation, in der zufließendes Abwasser, Rücklaufschlamm und nitrathaltiger Belebtschlamm in einem ersten Beckenteil unter anoxischen Bedingungen gemischt werden (Bever et al., 1995).

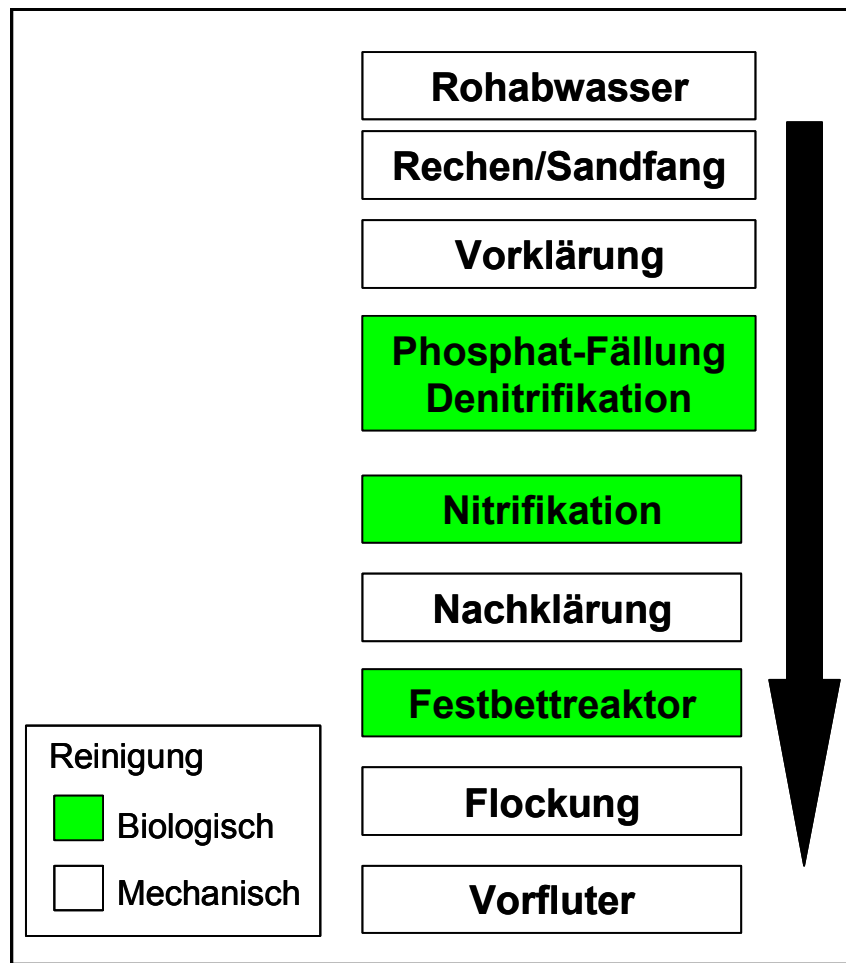


Abb. 10: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlagen Flerzheim und Rheinbach

Danach schließt sich die Nitrifikation in vier Belebungsbecken an, in denen zusätzlich eine Phosphat-Eliminierung durch Fällung stattfindet. Die Nachklärung trennt das Wasser vom Belebtschlamm und den Rückständen der 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 (Erftverband, 1998). Der bei der Reinigung des Abwassers entstehende Schlamm wird zum Teil für die Landwirtschaft nutzbar gemacht oder der Schlammentwässerung zugeführt und anschließend verbrannt.

#### 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 m<sup>3</sup>, das seit Januar 2000 in Betrieb befindliche

RÜB II hat ein Speichervolumen von 7.500 m<sup>3</sup>. Bei Regenfällen füllt sich zuerst RÜB I, wenn dieses seine Speicherkapazität erreicht hat, füllt sich RÜB II. Ist RÜB II gefüllt, 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 26 mal in die Swist abgeschlagen.

### Kläranlage Rheinbach

Die Kläranlage Rheinbach reinigt das Abwasser von ca. 15.000 Einwohnern der Stadt Rheinbach, der Ortslagen Merzbach, Klein- u. Großschlebach, Neukirchen, Irlenbusch, Oberdrees und Peppenhoven. Mit 22.000 EW und einem Anlagevolumen von 13.000 m<sup>3</sup> 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.

Die Anwendung der Verfahrenskombination Belebung, Festbettreaktor und Filtration zeigt Parallelen zum GWK Flerzheim (Abb. 10). In beiden Fällen folgen auf eine mechanische Reinigung zwei biologische Reinigungsstufen und eine Filtration. Nach der mechanischen Reinigung über Rechen und Sandfang folgt in der ersten biologischen Reinigungsstufe 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. 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 Flerzheim eine Flockungsfiltration statt.

### Kläranlage Heimerzheim

Die Kläranlage Heimerzheim ist für die Abwasserbehandlung des kommunalen Schmutzwassers des Ortsteils Heimerzheim sowie der Ortslagen Straßfeld, Dünstekoven und Ollheim zuständig. Es 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 EW bei einem Anlagevolumen von 5.446 m<sup>3</sup>. Die Verfahrenstechnik der Kläranlage Heimerzheim ist durch je eine mechanische und eine biologische Reinigungsstufe gekennzeichnet. Nach Feinrechen, Sandfang und Absetzbecken folgt die biologische Hauptreinigung mit Phosphorelimination, Simultanfällung und weitgehender Stickstoffelimination nach dem Belebtschlammverfahren mit vorgeschalteter Denitrifikation sowie anschließender Zwischenklärung im Sedimentationsbecken (Abb. 11).

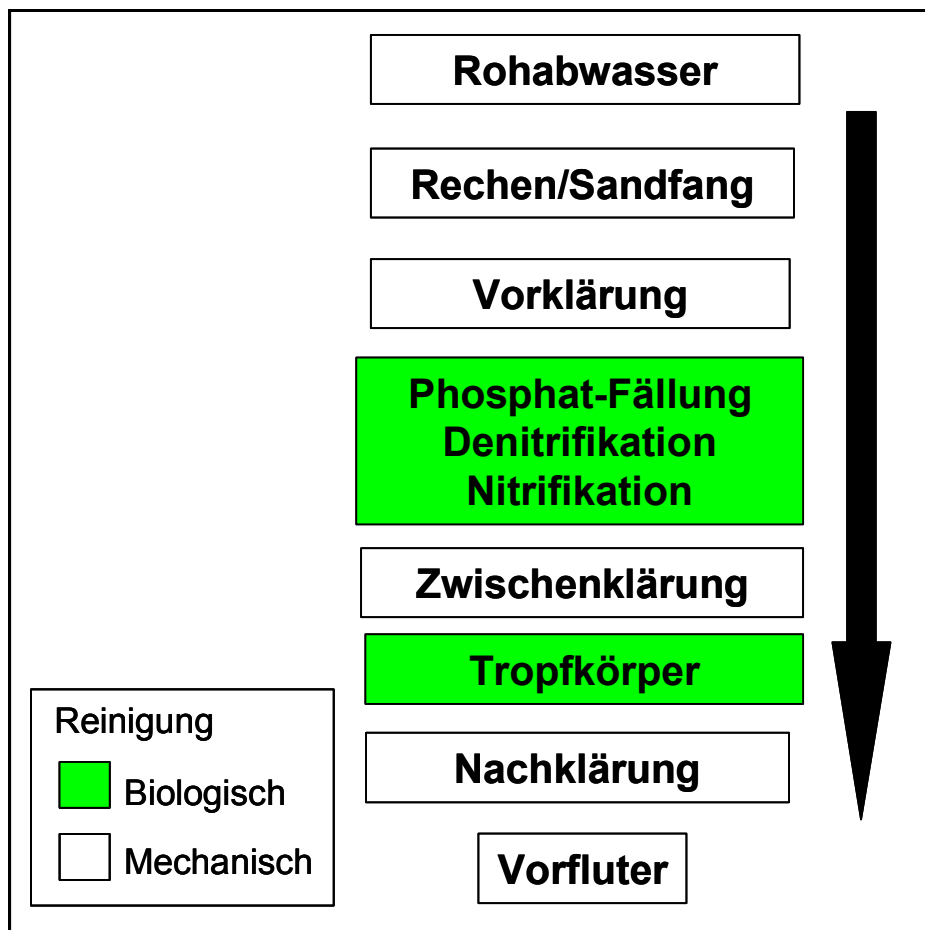


Abb. 11: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlagen Heimerzheim und Miel

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 unterzogen und als Düngemittel zur landwirtschaftlichen Verwertung abgegeben.

#### Kläranlage Miel

Die Kläranlage Miel, westlich der Ortslage Miel gelegen, entsorgt das kommunale Schmutzwasser von rund 10.000 Einwohnern der Ortslagen Buschhoven, Morenhoven, Miel, Ludendorf, Essig und Odendorf. Mit einem Anlagevolumen von 5.667 m<sup>3</sup> ist die Kläranlage Miel für 11.000 EW ausgelegt (Erftverband, 1996). Der Abwasserzufluss zur Kläranlage erfolgt in einem Mischsystem. Die mechanische Reinigungsstufe erfolgt durch Siebrechen, Sandfang und anschließendes Absetzen im Vorklärbecken. In dem biologischen Hauptreinigungsprozess wird ein zweistraßiges Belebungsverfahren mit einem nachgeschalteten Schwachlasttropfkörper kombiniert (Abb. 11). 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.

#### Kläranlage Hilberath

Die Kläranlage Hilberath, südlich von Rheinbach gelegen, reinigt ausschließlich kommunales Schmutzwasser der Ortslage Hilberath. Mit 850 EW und einem Anlagevolumen von 308 m<sup>3</sup> handelt es sich um die kleinste der acht Kläranlagen an der Swist. Das kommunale Schmutzwasser 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 (Abb. 12). 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.

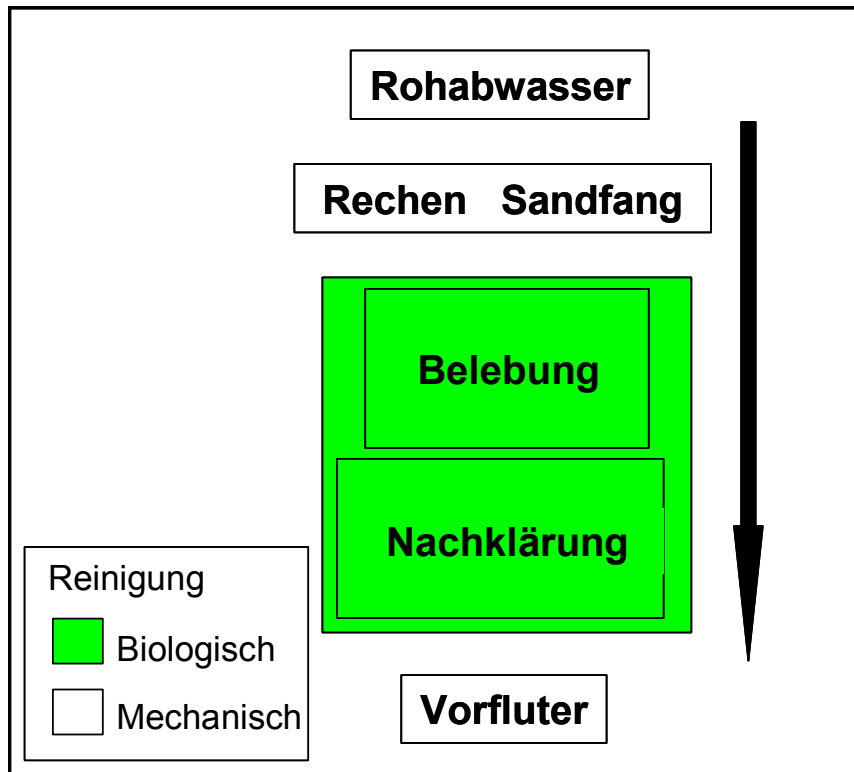


Abb. 12: Vereinfachtes Fließschema der Kläranlagen Hilberath, Hillesheim und Loch

### Kläranlage Loch

Die Kläranlage Loch hat ein Einzugsgebiet von 0,35 km<sup>2</sup>. Behandelt wird das im Mischsystem anfallende kommunale Schmutzwasser von ca. 800 Einwohnern der Ortslagen Loch, Queckenberg, Sürst und Hardt (Erftverband, 1996). 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. Belebung und Nachklärung sind in einem Bauwerk vereinigt, nach dem gleichen Schema wie in Hilberath (Abb. 12). Das gereinigte Abwasser wird in den Schiefelsbach eingeleitet, der schließlich in die Swist mündet.

### **3.3 Probenahmestellen**

Bei der Auswahl der Probenahmestellen spielten pragmatische Überlegungen und Einflüsse auf die Ergebnisqualität eine wesentliche Rolle. Die Probenahmestellen mussten ganzjährig zugänglich und mit möglichst wenig technischem Aufwand beprobbar sein. Um Aussagen über den mikrobiellen Gesamteintrag der Vorfluter



treffen zu können, musste in jedem Einzugsgebiet mindestens eine Probenahmestelle möglichst am Ende des Gewässers, bzw. vor der Mündung in ein stehendes Gewässer vorhanden sein (Pegelprobenahmestellen). An diesen Stellen wurden Abflussdaten direkt oder in unmittelbarer Nähe genommen. Die hygienisch-mikrobiologische Qualität des Gewässers in seinem Verlauf wurde in zwei Einzugsgebieten durch gleichmäßig verteilte Probenahmestellen ermittelt. Auswirkungen von Kläranlagenabläufen auf die Gewässerqualität konnten durch Probenahmestellen ober- und unterhalb der Einleitung des gereinigten Abwassers in den Vorfluter gemessen werden. Weiterhin wurden verschiedene Kläranlagen im Zu- und Ablauf beprobt, um die Reinigungsleistung unterschiedlicher Anlagentypen zu prüfen.

### 3.3.1 Pegelprobenahmestellen

#### Nauholzbach Pegel (PN)

Hochwert: 5641900 Rechtswert: 3441875

Die Probenahmestelle liegt vor der Vorsperre Nauholzbach auf 376 m über 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.

#### Wahnbach Pegel (PW)

Hochwert: 5635950 Rechtswert: 2592800

Die Probenahmestelle liegt 127 m über NN am Pegelhaus, wo das Ufer beiderseits des Baches über ca. 10 m mit Beton und Steinen befestigt ist. 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; die linke Seite ist mit Nadelwald bestanden.

#### Kall Pegel (PK)

Hochwert: 5611150 Rechtswert: 2521350

Die Probenahmestelle liegt im bewaldeten Tal der Kall etwa 400 m oberhalb der Stauwurzel der Kalltalsperre. Der Bach ist an dieser Stelle vor einem Wehr in einer Betonrinne gefasst.

### 3.3.2 Probenahmestellen in den Einzugsgebieten

Die Einzugsgebiete der Kalltalsperre und der Swist wurden detaillierter beprobt. Durch die Verteilung von Probenahmestellen im gesamten Einzugsgebiet sollte ein

umfassender Eindruck vom Längsprofil des Gewässers ermittelt werden. Die einzelnen Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kall (K1-K10) werden in der Tab. 9 kurz beschrieben.

Tab. 9: Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kall

| Probenahmestelle       |                                | Beschreibung  |
|------------------------|--------------------------------|---|
| <b>K1</b>              | <b>Entenpfuhl</b>              | Weidewirtschaftlich genutztes Gebiet. Das rechte Ufer ist dem Vieh leicht zugänglich.   |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2517725<br>5607575             |   |
| <b>K2</b>              | <b>Hoscheit</b>                | An einem Hochmoor-Naturschutzgebiet. Uferbereich mit Hochgras. Eine Weide endet in etwa 10 m Entfernung.  |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2519375<br>5607950             |   |
| <b>K3</b>              | <b>Bruchgraben</b>             | Unterhalb der westlichen Siedlungsfläche von Simmerath, in einer Wiese. In etwa 10 m Entfernung liegt eine Weide.   |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2521175<br>5608650             |   |
| <b>K4</b>              | <b>Fischbach</b>               | Unterhalb der B 399, wo der Bach in einem Graben neben der Straße geführt wird. Vorher wird der gewerblich geprägte Bereich östlich von Simmerath entwässert      |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2521469<br>5608935             |   |
| <b>K5</b>              | <b>Kall vor Paustenbach</b>    | Unmittelbar vor der Mündung des Paustenbaches. Oberhalb liegt eine naturnahe Niederung, in der Biber leben.   |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2520575<br>5609896             |   |
| <b>K6</b>              | <b>Paustenbach</b>             | Die Probenahmestelle liegt an der B 399. Zwischen dichten Hochgräsern findet man Erlen und Weiden.  |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2520575<br>5609925             |   |
| <b>K7</b>              | <b>Rossbach</b>                | Beim Regenüberlaufbecken Rollesbroich. Der Bach entspringt im Gewerbegebiet Rollesbroich und wird grabenartig parallel zur K 20 der Kall zugeführt.               |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2521262<br>5610321             |   |
| <b>K8</b>              | <b>Domaine Drainage</b>        | An einer Wegkreuzung unterhalb der am Ortsrand von Lammersdorf liegenden Domäne. Das Wasser kommt aus zwei Drainagen und fließt unterirdisch in ein Betonrohr ab. |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2519975<br>5612275             |   |
| <b>K9</b>              | <b>Keltzerbach, linker Arm</b> | Kurz vor dem Zusammenfluss der beiden Bacharme an der Pumpstation Lammersdorf. Der linke Arm des Keltzerbach entwässert die Ortslage Lammersdorf.                 |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2520040<br>5611652             |   |
| <b>K10</b>             | <b>Keltzerbach</b>             | Im Nadelwald kurz vor der Mündung des Keltzerbaches in die Kalltalsperre. Die Breite des Baches beträgt hier 3-4 m.   |
| Rechtswert<br>Hochwert | 2521225<br>5612175             |   |

Tab. 10: Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist

|            |                                 |   |
|------------|---------------------------------|---|
| <b>S1</b>  | <b>Oberhalb Holzweiler</b>      | Unterhalb der Brücke in Esch am linken Ufer der Swist, etwa 5 km von der Quelle der Swist entfernt. Das Gewässer ist etwa 1 m breit. Direkt an S1 leitet ein Graben ein. Landnutzung: Siedlung, Grünland und Ackerbau   |
| Rechtswert | 2573080                         |   |
| Hochwert   | 5602987                         |   |
| <b>S2</b>  | <b>Oberhalb KA Flerzheim</b>    | Oberhalb der Kläranlage Flerzheim in Lüftelberg am rechten Ufer der Swist. Das Gewässer ist zwischen 2-3 m breit, ein Erosionsprofil ohne Uferverbau. Landnutzung: beidseitig Grünland  |
| Rechtswert | 2571371                         |   |
| Hochwert   | 5612266                         |   |
| <b>S3</b>  | <b>Unterhalb KA Flerzheim</b>   | 400 m unterhalb der Einleitung der Kläranlage Flerzheim am linken Ufer der Swist. Das Gewässer ist zwischen 2-3 m breit, Trapezprofil. Landnutzung: Grünland und Acker. An der gleichen Stelle, erfolgte die automatisierte Probenahme im Ereignisfall.       |
| Rechtswert | 2569297                         |   |
| Hochwert   | 5613707                         |   |
| <b>S4</b>  | <b>Unterhalb RÜB Morenhoven</b> | Unmittelbar oberhalb des Einleitungsbauwerkes RÜB Morenhoven am rechten Ufer der Swist. Das Gewässer ist zwischen 4-5 m breit, Trapezprofil<br>Landnutzung: Siedlung und Acker.   |
| Rechtswert | 2567230                         |   |
| Hochwert   | 5614857                         |   |
| <b>S5</b>  | <b>Unterhalb KA Miel</b>        | Unterhalb der Kläranlage Miel am rechten Ufer der Swist, oberhalb der Einleitung des RÜB. Trapezprofil; im Umfeld Ackerbau und Obstanbau. Landnutzung: Schonung und Acker.  |
| Rechtswert | 2565821                         |   |
| Hochwert   | 5616070                         |   |
| <b>S6</b>  | <b>Oberhalb KA Heimerzheim</b>  | Westlich von Dünstekoven am linken Ufer der Swist. Das Gewässer ist zwischen 3-4 m breit, Trapezprofil;<br>Landnutzung: Grünland  |
| Rechtswert | 2565397                         |   |
| Hochwert   | 5618511                         |   |
| <b>S7</b>  | <b>Unterhalb KA Heimerzheim</b> | Unterhalb der Kläranlage Heimerzheim. Das Gewässer ist zwischen 2-3 m breit, Trapezprofil mit Uferverbau, Steinschüttung und Lebendverbau. Landnutzung: Acker   |
| Rechtswert | 2563866                         |   |
| Hochwert   | 5621467                         |   |
| <b>S8</b>  | <b>Weilerswist</b>              | Unterhalb der Brücke der B51/ L194 am linken Ufer der Swist. Das Gewässer ist an dieser Stelle zwischen 3-5 m breit, Landnutzung: Acker und Grünland.   |
| Rechtswert | 2559836                         |   |
| Hochwert   | 5625819                         |   |
| <b>S9</b>  | <b>Schweinheim</b>              | Oberhalb der Brücke zur Burg Schweinheim am rechten Ufer des Jungbaches. Das Gewässer ist zwischen 2-3 m breit, Trapezprofil.<br>Landnutzung: Siedlung und Grünland.  |
| Rechtswert | 2561742                         |   |
| Hochwert   | 5608867                         |   |
| <b>S10</b> | <b>Oberhalb KA Loch</b>         | Vor Sürst-Hardt, oberhalb der Einleitung der Kläranlage Loch am linken Ufer des Jungbaches. Landnutzung: Weideland bis an das Gewässer, 70 m oberhalb Viehtritte, dadurch Uferschäden, 200 m oberhalb Fischteich im Hauptschluss.                             |
| Rechtswert | 2562848                         |   |
| Hochwert   | 5607416                         |   |
| <b>S11</b> | <b>unterhalb KA Loch</b>        | 110 m unterhalb der Einleitung der Kläranlage Loch am linken Ufer des Jungbaches. Das Gewässer ist zwischen 0,5-1 m breit; ein grabenartiges Querprofil mit Uferverbau. Direkt oberhalb der Stelle befindet sich eine Viehtränke im Bach. Landnutzung: Weide. |
| Rechtswert | 2562714                         |   |
| Hochwert   | 5607427                         |   |
| <b>S12</b> | <b>Jungbach bei Miel</b>        | Unterhalb der Autobahnbrücke A 61 nördlich von Miel am linken Ufer des Jungbaches, kurz bevor dieser in die Swist mündet. Das Gewässer ist zwischen 3-4 m breit, Trapezprofil. Landnutzung: Acker.  |
| Rechtswert | 2564877                         |   |
| Hochwert   | 5616157                         |   |

Die Auswahl der Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist erfolgte vor allem unter dem Gesichtspunkt, den Einfluss von Siedlungsabwässern auf die Gewässerqualität zu erfassen. Im Oberlauf der Swist, unterhalb der Ortschaft Esch (S1), wurde eine möglichst gering beeinflusste Probenahmestelle ausgewählt. Neben der Ortschaft liegen einige Wochenendhäuser in Gewässernähe. Trotz des möglichen anthropogenen Einflusses wurde diese Probenahmestelle ausgewählt, da die Swist im oberen Verlauf zeitweise trockenfällt und somit eine ganzjährige Beprobung nicht gesichert war. Tab. 10 listet die genannte und alle weiteren Probenahmestellen (S1-S12) tabellarisch auf.

### 3.3.3 Probenahmestellen an den Kläranlagen

Da im Rahmen des Bewirtschaftungsplanes Swist erhöhte Anforderungen an die Abwasserreinigung erfüllt werden müssen, bestand von Seiten des Erftverbandes und des Landesumweltamtes NRW Interesse, im Einzugsgebiet der Swist die Auswirkungen von Kläranlageneinleitungen auf die Gewässerqualität zu erfassen. Die Auswahl der Anlagen erfolgte in enger Abstimmung mit dem Landesumweltamt NRW und berücksichtigte drei verschiedene Ausbautypen von Kläranlagen, die in geringer Entfernung voneinander jeweils zweifach vorhanden waren (vgl. Kap. 3.2).

Tab. 11: Probenahmestellen an den Kläranlagen

| <b>Kläranlage</b>  |        | <b>Nr.</b> | <b>Probenahmestelle</b>  |
|--------------------|--------|------------|--|
| <b>Flerzheim</b>   | Zulauf | KA1a       | hinter Sand- und Fettfang, vor dem Vorklärbecken                     |
|                    | Ablauf | KA1b       | StUA Messstelle am Ablauf der Nachklärung                            |
| <b>Heimerzheim</b> | Zulauf | KA2a       | hinter dem Sandfang, vor der Vorklärung                              |
|                    | Ablauf | KA2b       | Ablaufrinne des Nachklärbeckens, da StUA-Messstelle nicht erreichbar |
| <b>Hilberath</b>   | Zulauf | KA3a       | Sandfang nach Grobrechen   |
|                    | Ablauf | KA3b       | StUA Messstelle am Ablauf der Nachklärung                            |
| <b>Loch</b>        | Zulauf | PKA4a      | Sandfang; vor Zugabe von Natriumaluminatlösung                       |
|                    | Ablauf | KA4b       | StUA Messstelle am Ablauf der Nachklärung                            |
| <b>Miel</b>        | Zulauf | KA5a       | Sandfang nach Grobrechen   |
|                    | Ablauf | KA5b       | StUA Messstelle am Ablauf der Nachklärung                            |
| <b>Rheinbach</b>   | Zulauf | KA6a       | Sandfang nach Grobrechen   |
|                    | Ablauf | KA6b       | StUA Messstelle am Ablauf der Nachklärung                            |

An den Kläranlagen Flerzheim, Heimerzheim, Hilberath, Loch, Miel und Rheinbach wurde der Kläranlagenzulauf und der Kläranlagenablauf zur Bestimmung der mikrobiologischen Reinigungsleistung der Kläranlagen beprobt (Tab. 11).

Um den Einfluss der Kläranlagen auf die hygienisch-mikrobiologische Fließgewässerqualität zu prüfen, wurde außerdem das Gewässer oberhalb und unterhalb der Kläranlagen beprobt.

### 3.3.4 Ausgewählte Regenentlastungsanlagen

Auf ausgewählten Kläranlagen fand die Beprobung von Regenüberlaufbecken statt, durch die im Falle von Regenereignissen große Mengen Wasser in den Vorfluter gelangen. Da im Einzugsgebiet der Swist die Mischkanalisation (MK) gegenüber der Trennkanalisation vorherrscht (MK > 60 %), wurden für das Monitoring Entlastungsanlagen der Mischwasserbehandlung ausgewählt. Weiterhin erfolgte die Auswahl der Regenüberlaufbecken so, dass die Abbildung eines durch Industrie- und Gewerbe unbeeinflussten „Referenzzustandes“ möglich wird. Darüber hinaus wird durch die Auswahl einer weiteren Anlage ein durch Mischnutzung (kommunal/industriell-gewerblich) geprägter Zustand abgedeckt.

Tab. 12: Kennwerte der ausgewählten Regenüberlaufbecken

|  | <b>RÜB des GWK<br/>Flerzheim</b>   | <b>Stauraumkanal<br/>der KA Loch</b> |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Volumen</b>                               | 10.00 m <sup>3</sup>               | 305 m <sup>3</sup>                   |
| <b>genehmigte<br/>Einleitungs-<br/>menge</b> | 2.200 l/s                          | 1.856 l/s                            |
| <b>A<sub>red</sub></b>                       | 237 ha                             | 6 ha                                 |
| <b>Technik</b>                               | Durchlaufbecken im<br>Nebenschluss | Stauraumkanal im<br>Hauptschluss     |
| <b>Fließgewässer</b>                         | Swist                              | Sürstbach                            |

Generell sollte durch die Auswahl der Behandlungsanlagen für das Monitoringprogramm die Bandbreite möglicher Belastungen für das aufnehmende Gewässer ausgelotet werden. Deshalb wurden Becken mit einem kleinen und einem großen Kanalnetz, mit geringen und hohen Einwohneranschlusszahlen und ebenfalls einer kleinen bzw. großen abflusswirksamen Fläche ausgewählt. Ein weiteres Kriterium war die Niederschlagsverteilung im Untersuchungsgebiet.

Um fehlerhafte Rückschlüsse auszuschließen, war der enge räumliche Bezug der beobachteten Anlagen zu den verfügbaren Niederschlagsmessstationen wesentlich. Somit fiel die Wahl der zu beprobenden Regenüberlaufbecken auf das RÜB vor der Kläranlage Loch (KA) sowie RÜB I und RÜB II auf dem Gruppenklärwerk Flerzheim. Nachfolgend sind die Einzugsgebiete der Anlagen (Abb. 13) ferner als Prinzipskizze deren Lage im Gewässersystem der Swist (Abb. 14) dargestellt, wobei letztere die hohe Beeinflussung des Abflusses der Swist durch Kläranlagenzuläufe veranschaulicht.

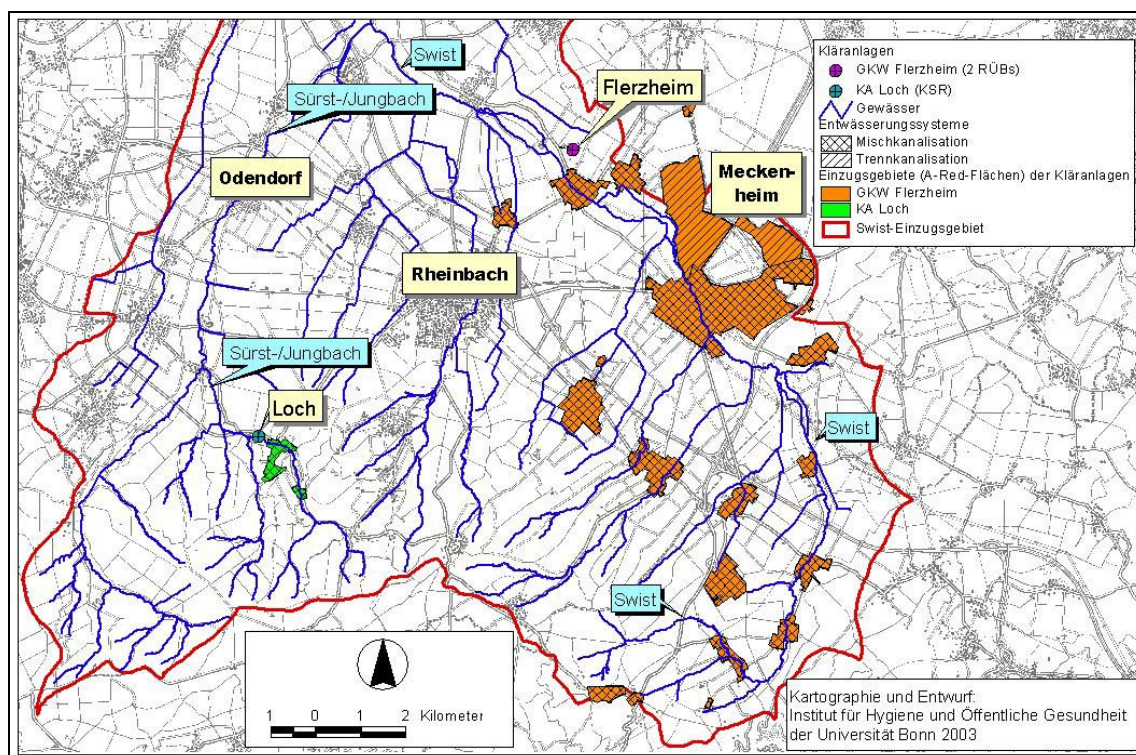


Abb. 13: Die Einzugsgebiete der Kläranlage Flerzheim und Loch ( $A_{red}$  Flächen) und deren Entwässerungstyp

### Kanalstauraum Kläranlage Loch

Als Repräsentant für Niederschlagswasserbehandlungsangaben in kleinen Einzugsgebieten wurde das Regenüberlaufbecken vor der Kläranlage Loch-Queckenberg ausgewählt. Loch befindet sich im südwestlichen Teil des Swist-Einzugsgebiets. Die Kläranlage und das RÜB entwässern in den Schiefelsbach, der bei Miel als Jungbach in die Swist mündet (vgl. Abb. 13). Das vorgeschaltete RÜB erhält Schmutzwasser aus zwei Ortslagen mit einer geringen Zahl angeschlossener Einwohner und einer kleinen abflusswirksamen Fläche (vgl. Tab. 12), es ist kein industrieller Nutzungseinfluss zu verzeichnen.

Das Regenüberlaufbecken ist als Kanalstauraum im Hauptschluss mit unten liegender Entlastung konzipiert. Es besitzt seine höchsten Entlastungsfrequenzen in den Sommermonaten (April bis September), entsprechend der Intensitäten des Niederschlagsgeschehens. Die korrespondierenden Niederschlagsdaten stammen von den nahe gelegenen Niederschlagsmessstationen Todenfeld und Steinbach.

### RÜB Flerzheim

Das Regenüberlaufbecken Flerzheim auf dem Gelände des Gruppenklärwerks (GKW) Flerzheim befindet sich am Mittellauf der Swist (vgl. Abb. 13). Das GKW ist charakterisiert durch ein großes, über die Landesgrenzen hinausreichendes Einzugsgebiet, eine hohe Zahl angeschlossener Einwohner und durch industriellen und gewerblichen Nutzungseinfluss (vgl. Kap. 3.2).

Das ankommende Schmutzwasser wird auf der Kläranlage Flerzheim bei hohem Wasseranfall über zwei Trennbauwerke zu zwei Sedimentationskammern (SeKa I, II) geleitet. Das abgeschlagene Mischwasser gelangt gemeinsam mit dem auf der Kläranlage behandelten Abwasser in die Swist. Die Entlastungsfrequenz ist, anders als in Loch, in den Wintermonaten (Oktober bis März) höher als im Sommer. Insgesamt zeigen sich in Flerzheim häufiger Ereignisse mit hohen Abschlagsmengen (bis zu 3.000 m<sup>3</sup>/d). Die korrespondierenden Niederschlagsdaten stammen von den Niederschlagsmessstationen Eckendorf und Weilerswist.

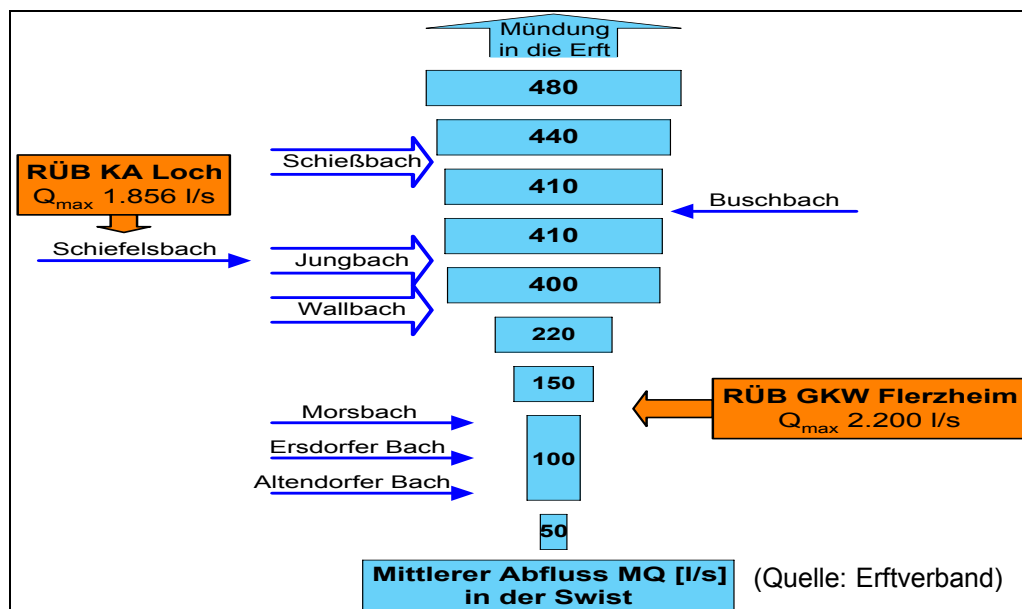


Abb. 14: Hydrologische Eckdaten der ausgewählten Anlagen





## 4. Material und Methoden

### 4.1 Probenahme

Die Probenahmen wurden nach Standardarbeitsanweisungen durchgeführt. Für die bakteriologischen Proben wurden sterile Glasflaschen durch Eintauchen unter die Wasseroberfläche oder mit Hilfe einer Pumpe befüllt. An den Kläranlagenzuläufen wurde je ein Liter Abwasser abgefüllt. An jedem Kläranlagenablauf und im Gewässer wurden jeweils zwei Liter Probenwasser entnommen. Für die Labor-Bestimmung der chemischen Parameter wurde Wasser wie beschrieben in eine 1.000 mL Polyethylen-Flasche abgefüllt. Der Transport der Proben zum Labor erfolgte unmittelbar nach Abschluss der Probenahme in Kühltaschen.

### 4.2 Probenahmeregime

Die Untersuchungen in den vier Einzugsgebieten konnten schon aus Gründen der Logistik und aufgrund der Laborkapazitäten nicht parallel stattfinden. Daher wurden die Untersuchungen in den Gebieten Nauholzbach, Wahnbach und Kall in der Zeit von Januar 1997 bis Januar 1998 durchgeführt, die Beprobung des Einzugsgebietes Swist und der dort gelegenen Kläranlagen von August 1999 bis Oktober 2000. Die Beprobung von Mischwasserabschlägen aufgrund von Starkregenereignissen an den Kläranlagen Flerzheim und Loch erfolgte im Zeitraum Mai 2001 bis April 2004.

#### 4.2.1 Zeitliches Probenahmeregime für Regelproben in den Einzugsgebieten Nauholzbach, Kall, Wahnbach und Swist

Für die regelmäßigen Probenahmen wurde zu Beginn des Untersuchungsvorhabens ein Beprobungsschema festgelegt, welches einerseits eine gleichmäßige Verteilung der Proben über den Projektzeitraum und die Probenahmestellen und andererseits die Laborkapazität berücksichtigte. Im Einzugsgebiet der Swist verteilten sich die insgesamt 30 Probenahmen auf 9 Probenahmestellen an den Gewässern. An den Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist wurden insgesamt 82 Proben entnommen, jeweils am Zu- und Ablauf der Kläranlage. Die Anzahl der entnommenen Proben ist in Tab. 13 dargestellt. Da sich die Proben über zwei Projektzeiträume verteilen, war das Probenahmeintervall unterschiedlich. Die einzelnen Probenahmen finden sich im Anhang. Die festgelegten Intervalle und die Zahl der gezogenen Proben in den Einzugsgebieten von Nauholzbach, Kall und Wahnbach sind der Tab. 14 zu entnehmen.

Tab. 13: Probenanzahl im Einzugsgebiet der Swist und an den Kläranlagen

| Probenahmestelle                                    | Probenanzahl | Probenahmestelle                   | Probenanzahl |
|---|--------------|------------------------------------|--------------|
| S1, Swist, oh. Holzweiler                           | 10           | S10 Jungbach, oh. Kläranlage Loch  | 6            |
| S2, oh. Kläranlage Flerzheim                        | 10           | S11, Jungbach, uh. Kläranlage Loch | 7            |
| S3 uh. Kläranlage Flerzheim                         | 4 7          | Kläranlage Flerzheim               | 20           |
| S4, Swist, uh. RÜB Morenhoven                       | 11           | Kläranlage Rheinbach               | 20           |
| S5, uh. Kläranlage Miel                             | 4 10         | Kläranlage Heimerzheim             | 10           |
| S6, Swist, oh. Kläranlage Heimerzheim (Dünstekoven) | 4 10         | Kläranlage Miel                    | 10           |
| S7 uh Kläranlage Heimerzheim                        | 7            | Kläranlage Hilberath               | 10           |
| S8 Weilerswist                                      | 7            | Kläranlage Loch                    | 10           |
| S9 Jungbach, Schweinheim                            | 9            |                                    |              |

Tab. 14: Zeitregime und Probenanzahl der Regelprobenahmen an Kall, Nauholzbach und Wahnbach

| Probenahmestelle                       | Abstand der Probenahmen           | Probenanzahl |
|--|-----------------------------------|--------------|
| Nauholzbach Pegel                      | Monatlich                         | 16           |
| Kall Pegel                             | 14-tägig                          | 28           |
| Wahnbach Pegel                         |                                   | 26           |
| Roßbach und Keltzerbach linker Arm     | wechselnd zusammen mit Kall Pegel | 3            |
| Entenpfuhl und Domäne                  |                                   | 5            |
| Bruchgraben, Fischbach und Paustenbach |                                   | 6            |
| Keltzerbach                            |                                   | 7            |
| Hoscheit und Kall vor Paustenbach      |                                   | 4            |

#### 4.2.2 . 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 gegebenenfalls ein Hochwasserereignis ist dabei maßgeblich bestimmt von Niederschlagshöhe, -intensität und -dauer sowie Größe, Relief und Vegetationsbedeckung des Einzugsgebietes. Häufig steigen bei Niedrigwasser im Sommer nach einem Starkregen die Pegel rascher als im Winter. Die Vorhersagbarkeit einer Hochwasserwelle ist aufgrund dieser zahlreichen Einflussgrößen unsicher.

Für diese 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 sommerlichen Gewitterregen durchgeführt werden, um die möglichen hygienisch-mikrobiologischen Veränderungen der Gewässerqualität durch Hochwasserwellen zu erfassen.

Die schnelle ereignisabhängige Probenahme gelang nur durch die enge Zusammenarbeit mit den örtlichen Wasserversorgungsunternehmen. Diese schafften die logistischen Voraussetzungen und zusammen mit ihnen wurden auch die Kriterien für jedes Untersuchungsgebiet erarbeitet, die als Orientierungswerte für die Auslösung außerplanmäßiger Probenahmen an den Pegelmessstellen dienen sollten.

Tab. 15: Grenzwerte für Ereignisprobenahmen an den Pegeln Kall, Nauholzbach und Wahnbach

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

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. Tabelle 15 zeigt die festgelegten kritischen Pegelstände, bei deren Überschreitung ereignisbezogene Probenahmen durchgeführt wurden. Die Werte wurden aus Zeitreihen der Pegelstände und aus Erfahrungswerten der Wasserversorgungsunternehmen ermittelt. Die Entscheidung zu einer Ereignisbeprobung wurde jeweils von den zuständigen Mitarbeitern der örtlichen Kooperationspartner getroffen.

#### **4.2.3 Kriterien für niederschlagsbezogene Probenahmen am Regenüberlaufbecken Flerzheim und dem Stauraumkanal Loch**

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. in den Kläranlagen. Zur Entlastung der Kanalsysteme von Regenwasser werden Regenüberläufe (RÜ), Regenüberlaufbecken (RÜB), Stauraumkanäle (SK) und Regenwasserrückhaltebecken (RRB) errichtet (Hosang und Bischof, 1998).

Wird bei Niederschlagsereignissen der kritische Regenwasserabfluss ( $Q_{r\text{ krit}}$ ) überschritten, erfolgt aus dem Kanal ein Überlauf des Mischwassers entweder direkt in den Vorfluter oder in Regenüberlaufbecken. In Stauraumkanälen kommt es bei Überschreiten von  $Q_{r\text{ krit}}$  zum Einstau von Mischwasser. Wird in RÜB oder SK auch das Rückhaltevolumen überschritten, erfolgt ein Abschlag des grob mechanisch gereinigten Mischwassers in den Vorfluter. Unter diesen Voraussetzungen wird das Gewässer außer einer erheblichen hydraulischen auch einer hohen chemischen und hygienisch-mikrobiologischen Belastung ausgesetzt.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit wurden ereignisbezogene Probenahmen während des Abschlags der Regenüberlaufbecken I und II in Flerzheim, sowie des Abschlages des Stauraumkanales in Loch durchgeführt. 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 automatisiert durch Auslösung eines Alarmes, der auf ein Mobiltelefon geleitet wurde.

#### 4.2.4 Technik zur Realisierung automatischer Beprobungen im Entlastungsfall

Für die Beprobung bei einem Entlastungsereignis wurden auf der KA in Loch und auf dem GWK Flerzheim Auto-Sample-Stationen eingerichtet. Bei einem Abschlagsereignis sprangen die Pumpen zur Probengutgewinnung für die hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen an. Über Schlauchleitungen werden drei Tonnen mit einem Volumen von je 250 Liter befüllt.

##### Auto-Sample-Station Loch

Das Signal zum Auslösen der Probenahme wurde durch die Ultraschall-Messung des Wasserstandes im Stauraumkanal produziert. Übersteigt der Wasserstand die Höhe der Abschlagsschwelle für eine Zeitspanne von 30 Sekunden, wird ein Abschlags-signal ausgelöst. Es liegen Angaben zum Einstaubeginn und –ende, Beckenüberlaufbeginn und –ende, zu Höhenständen im Regenbecken und Abschlagsmengen der jeweiligen Ereignisse vor. Die Tonnen enthalten Wasser aus dem Fließgewässer oberhalb der Einleitung des Stauraumkanals, direkt aus dem Abschlag und unterhalb der Einleitung im Schiefelsbach am Ort der vollständigen Durchmischung (siehe Kap. 3.2). Die Tonnen repräsentieren die Verhältnisse zum Zeitpunkt der ersten 10 Minuten nach Abschlagsbeginn. Das Probengut für die hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen konnte nach Signaleingang zeitnah abgeholt werden.

##### Auto-Sample-Station RÜB auf dem GWK Flerzheim

Die Mengenummessung bei einem Abschlag erfolgt im Regenüberlaufbecken I (RÜB I). Das Nivus-Messgerät auf dem GWK Flerzheim liefert Daten zu Füllhöhe, Fließgeschwindigkeit und Durchfluss im Abschlagsbauwerk (Abflusskanal des RÜB) als Stunden-, Tages- und Monatswerte.

In Flerzheim gelangen Regenabschlag und Kläranlagenabfluss über eine gemeinsame Kanalleitung in die Swist. Um die jeweiligen Belastungen aus RÜBs und Kläranlage dennoch eindeutig zuzuordnen und quantifizieren zu können, wurden am Ablauf der Kläranlage und an den Sedimentationskammern I und II des RÜBs jeweils Auffangbehälter installiert (vgl. Abb. 15).

Da die Kläranlage sich nicht unmittelbar am Gewässer befindet, musste die Tonne für die Beprobung oberhalb der Einleitung außerhalb des Klärwerksgeländes am Gewässer installiert werden. Die Tonne wurde im letzten Revisionsschacht des Ausleitungskanals zur Swist eingebaut.

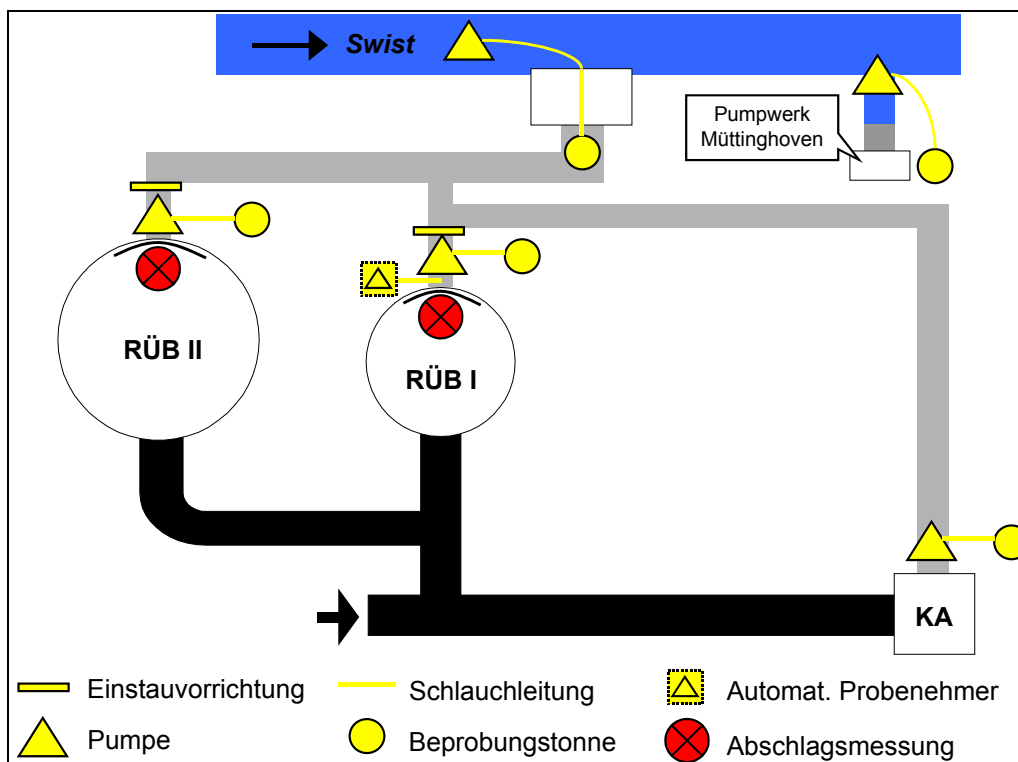


Abb. 15: Prinzipskizze der automatisierten Probenahme am GWK Flerzheim

Die Beprobung im Gewässer nach Durchmischung des RÜB/Kläranlagenabflusses wurde etwa 400 m unterhalb der Einleitung am Gutshof Müttinghoven vorgenommen. Nach Absprache mit den Grundstückseigentümern konnte ein bereits bestehender Pumpenschacht an der Swist genutzt werden. Die Tonne wurde auf dem Betonsockel des Pumpenschachts aufgestellt.

Gemäß Planung sollen beide Sedimentationskammern des RÜBs gleichzeitig abschlagen. Es wurde aber beobachtet, dass RÜB I häufiger vor RÜB II anspringt. Für das Auslösen des Befüllvorgangs aller Tonnen - am Ablauf Kläranlage, an den Sedimentationskammern I und II - genügt ein Startsignal unabhängig davon, welcher Abschlag aktiv ist. Deshalb kann bei asynchronem Anspringen der Mischwasserabschläge die Tonne einer Sedimentationskammer leer oder nur teilbefüllt sein.

#### 4.2.5 Vor Ort bestimmte Parameter

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

- NEPHLA, Fa. Dr. Lange, zur Trübungsmessung nach EN 27027:1994 [FNU]
- MultiLine F/Set-3, Fa. WTW, zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ], des pH-Werts, des Sauerstoffgehalt [ $\text{mg}/\text{l}$ ] und der Temperaturmessung.

#### 4.2.6 Abflussmessung nach FISCHER (Fließgewässer)

An den Gewässer-Probenahmestellen wurde die Abflussmenge zum Probenzeitpunkt mit der Methode nach Fischer (1982) bestimmt. 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 folgender Formel der Abfluss errechnet werden:

$$Q = \frac{V \cdot C_1}{T \cdot C_2}$$

Q = Abflussmenge V = eingesetztes Volumen,  
 C<sub>1</sub> = eingesetzte Leitfähigkeit,  
 C<sub>2</sub> = gemessene Leitfähigkeit,  
 T = Gesamtdauer vom ersten Anstieg bis zum Erreichen der Ausgangsleitfähigkeit

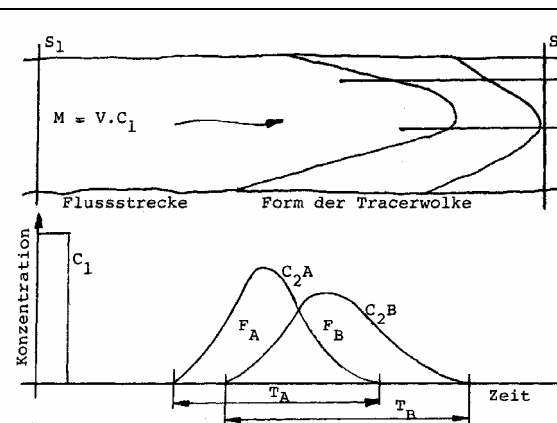


Abb. 16: Formel und Erläuterungsskizze zur Abflussmessung nach Fischer

#### 4.2.7 Dokumentation der Probenahme

Die Probenahmen wurden jeweils auf einem angepassten Formular dokumentiert. Dieses enthielt neben Datum und Uhrzeit der Probenahme auch Angaben über die Wetterverhältnisse, Zu- bzw. Ablaufmenge der Kläranlage, Abflussmessung im Gewässer sowie die Ergebnisse der Vor-Ort-Bestimmungen. Im Anhang ist ein Probenahmeprotokoll beigelegt.

### 4.3 Physikalische und chemische Wasseruntersuchungen

#### Abfiltrierbare Stoffe

Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe erfolgte nach DIN 38409. 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.

### Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Die Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs erfolgte nach DIN 38409. Unter dem chemischen Sauerstoffbedarf versteht man die volumenbezogene Masse an Sauerstoff. Diese ist der Masse an Kaliumdichromat äquivalent, 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 1 g/l nicht überschreitet. Gegebenenfalls wurden die Wasserproben verdünnt, um diese Werte einzustellen. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in mg/l.

### Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)

Die Bestimmung des TOC erfolgte nach DIN/EN 1484 (Ersatz für DIN 38409-3). Das Verfahren ist geeignet für Trink- und Abwasser. Gegebenenfalls musste die Probe verdünnt werden. Die Angabe der Ergebnisse erfolgte in mg/l.

### Organischer und anorganischer Stickstoff

Die Bestimmung der verschiedenen Stickstoffparameter erfolgte nach DIN 38409-27. Das Verfahren ist geeignet für Trink- und Abwasser. Gegebenenfalls musste die Probe verdünnt werden. Die Angabe der Ergebnisse erfolgte in mg/L. 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.

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  $\text{NH}_3$  abdestilliert und mittels Titration bestimmt. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt in mg/L.

### Phosphat

Die Bestimmung des Phosphat-Gehalts erfolgte nach DIN EN 1189. Das Verfahren ist geeignet für Trink- und Abwasser. Gegebenenfalls musste die Probe verdünnt werden. Die Angabe der Ergebnisse erfolgte in mg/L.

## **4.4 Bakteriologische Wasseruntersuchungen**

Alle Proben wurden innerhalb von 24 h verarbeitet. Die Verarbeitung geschah in der Regel am Tag der Probenahme. War dies nicht möglich, wurden die Proben im Kühlschrank bei  $5^\circ \pm 3^\circ \text{C}$  gelagert und am nächsten Morgen verarbeitet. Bei Proben, die



hohe Bakterienkonzentrationen enthielten, wurden Verdünnungen durchgeführt. Dazu wurden die Proben mit steriler 0,85 %iger NaCl-Lösung in Log-Stufen auf die gewünschten Verdünnungsstufen eingestellt. Im Rahmen der Qualitätskontrolle wurden bei allen angewandten Methoden Positiv- und Negativkontrollen sowie Medienkontrollen mitgeführt.

#### 4.4.1 *Campylobacter* spp.

Der Nachweis von *Campylobacter* erfolgte semiquantitativ mit Hilfe der Flüssigkeitsanreicherung („presence/absence“ Test) (Schulze, 1996). Nach Membranfiltration über Zellulosenitratmembranfilter (Porenweite 0,45 µm, Durchmesser 50 mm) von jeweils 100 mL, 10 mL und 1 mL der Probe wurden die Filter in kleine Petrischalen (Durchmesser 5 cm) gelegt, mit 10 mL MCCD-Bouillon bedeckt und für  $20 \pm 4$  Stunden bei  $36^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  mikroaerophil bebrütet. Bei hoch kontaminierten Proben, wie Abwasser, wurde die Originalprobe in steriler 0,85 %iger NaCl in 10er Schritten verdünnt. Von jeder Verdünnungsstufe wurde je 1 mL in MCCD-Bouillon gegeben und wie die Membranfilter weiterverarbeitet. Die bebrütete MCCD-Bouillon wurde in sterile Zentrifugengläser überführt und bei 7.000 g für 10 Minuten zentrifugiert. Der Überstand wurde dekantiert und das Sediment auf einen Membranfilter (Zellulosenitrat, Porenweite 0,45 µm, Durchmesser 50 mm) gegeben, der zuvor auf eine Karmali-Agarplatte (*Campylobacter*-Nährboden, Fa. Oxoid) gelegt wurde. In den folgenden zwei Stunden wandern die *Campylobacter* aufgrund ihrer hohen Motilität durch die Filterporen in Richtung Nährmedium. Somit wurde eine Trennung von nicht erwünschter Begleitflora erreicht. Nach zwei Stunden mikroaero-philer Bebrütung bei  $36^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  wurde der Filter entfernt und die Karmali-Agarplatten für weitere  $44 \pm 4$  Stunden bei  $36^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  mikroaerophil inkubiert.

Der Nachweis von mukösen, hell- bis dunkelgrauen Kolonien galt als Verdacht auf *Campylobacter*. Von morphologisch typischen Kolonien jedes zur Auswertung herangezogenen Filters wurden zur Bestätigung stichprobenartig Subkulturen auf Karmali-Agar angelegt. Bei typischem Wachstum wurde eine Gram-Färbung angefertigt und das Vorhandensein von Katalase und Oxidase überprüft. Gram-negative, feine gebogene Stäbchen, die für Katalase und Oxidase positiv waren, wurden als *Campylobacter* gewertet. Die Angabe erfolgte als „nachweisbar in [untersuchte Volumina]“ für jede Verdünnungsstufe. Werden mehrere Verdünnungsstufen untersucht kann eine semiquantitative Ergebnisdarstellung durch Angabe einer Log-Stufe erfolgen.

#### 4.4.2 Indikatorparameter

##### 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

100, bzw. 10 mL der Probe wurden steril mittels Membranfiltrationsgerät über Zellosenitratmembranfilter (Porenweite 0,45 µm, 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 coliformen Bakterien) aufgelegt und bei  $36^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  über  $24 \pm 4$  Stunden inkubiert. Analog hierzu wurde je 1 mL der verdünnten Probe ausgespatelt und im Brutschrank bei  $36^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  über  $24 \pm 4$  Stunden inkubiert. Alle dunkelblauen Kolonien auf Chromocult®-Coliformen-Agar wurden als *E. coli* gezählt, alle fuchsinglänzenden und dunkelroten Kolonien auf Endo-Agar wurden als coliforme Bakterien gezählt. Die Angabe erfolgte jeweils in KBE/100 mL.

##### b) MPN-Verfahren mit Fluorocult®-MUG-Laurylsulfat-Bouillon

Aus jeder Verdünnungsstufe der Probe wurde je 1 mL in drei Reagenzgläser mit 10 mL MUG-Laurylsulfat-Bouillon pipettiert (4 x 3 Röhrchen pro Probe). Die Bebrütung erfolgte bei  $36^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  für  $44 \pm 4$  Stunden. Die Röhrchen 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  $\beta$ -Glucuronidase-Aktivität durch fakultativ anaerobe Bakterien (*E. coli*). Die wahrscheinliche Anzahl der Bakterien in 100 L der Probe wurde mit Hilfe der MPN - Tabelle nach McCrady ermittelt. Dazu wurde die Anzahl positiver Röhrchen jeder Verdünnungsstufe bestimmt und aus der Kombination die MPN-Zahl abgelesen. Die Angabe erfolgte in KBE/100 mL.

##### Fäkalstreptokokken

Der Nachweis von Fäkalstreptokokken erfolgte quantitativ nach EG-Richtlinie 76/160/EWG vom 5.2.1976. 100 und 10 mL der Probe wurden mittels Membranfiltrationsgerät über Zellosenitratmembranfilter (Porenweite 0,45 µm, 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  $44 \pm 4$  Stunden bei  $36 \pm 1^\circ\text{C}$  bebrütet. Zudem wurde jeweils 1 mL der Verdünnungen auf Kanamycin-Aesculin-Azid-Agar ausgespatelt und bebrütet. 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. Die Probe wurde in einen sterilen Erlenmeyerkolben überführt und für 15 Minuten im temperierten Wasserbad bei  $75^\circ \pm 5^\circ\text{C}$  pasteurisiert. Die pasteurisierte Probe wurde 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  $0,2 \mu\text{m}$ , 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 1 mL der Verdünnungen auf TSC-Agar ausgespatelt. Die Inkubation erfolgte im Anaerobiertopf bei  $36^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  für  $44 \pm 4$  Stunden. Schwarze Kolonien wurden als Clostridien im Sinne dieser Untersuchung gewertet. Die Angabe erfolgte in KBE/100 mL.

#### Koloniezahl

Die Bestimmung der allgemeinen Koloniezahl erfolgte gemäß Trinkwasserverordnung vom 21.5.2001 mit dem Koch'schen Plattengussverfahren. Für jede Bebrütungstemperatur wurde 1 mL der Wasserprobe bzw. der Verdünnung in eine sterile Petrischale mit Zählraster pipettiert. Nach  $44 \pm 4$  Stunden Bebrütung bei  $20^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  bzw.  $36^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  wurden die unter 6 – 8-facher Vergrößerung sichtbaren Kolonien ausgezählt. Die Angabe erfolgte als KBE/mL.

## **4.5 Datenauswertung**

Die erhobenen Daten wurden in das institutseigene EDV-Programm zur Dokumentation und Auswertung von Labordaten überführt (LADIP®). Das Programm arbeitet auf der Basis von Microsoft Windows Access® und ermöglicht den Datenexport in andere Microsoftprogramme. Zur Erstellung von Tabellen und Diagrammen wurde auf

Microsoft Excel<sup>®</sup> zurückgegriffen, wohingegen SPSS<sup>®</sup> (Version 12.0) zur statistischen Auswertung verwendet wurde.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden für alle Parameter Boxplot-Diagramme aus SPSS<sup>®</sup> heraus erstellt. Im Boxplot sind der Median, das 50%-Perzentil, Minimum und Maximum dargestellt. Extremwerte und Ausreißer werden ebenfalls erfasst.

Die Werte vom ersten bis zum dritten Quartil werden von einer Box begrenzt besteht aus einem Kasten, deren innere Linie den Median repräsentiert. Die Höhe der Box entspricht dem Interquartilsabstand. Minimum und Maximum werden als Balken, der von der Box abgeht, dargestellt. Extremwerte sind in SPSS<sup>®</sup> Beobachtungen, die um mehr als drei Boxlängen vom oberen bzw. unteren Quartil entfernt liegen. Extremwerte werden mit einem Stern markiert.

Ausreißer sind Werte, die zwischen

dem 1,5-fachen und dem 3-fachen der Kastenlänge ober- oder unterhalb der Box liegen. Diese werden mit einem Kreis gekennzeichnet.

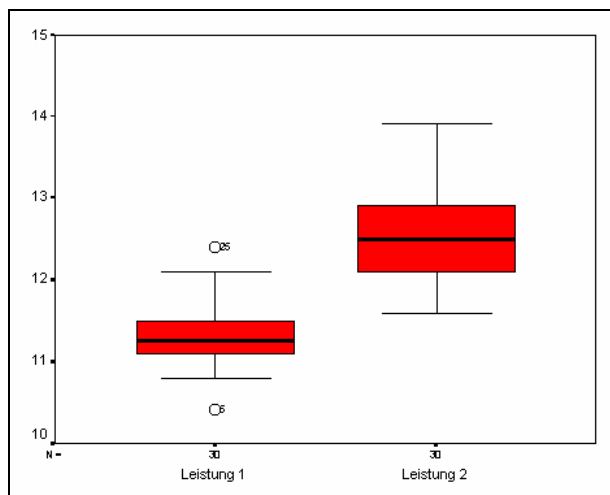


Abb. 17: Beispiel für Boxplots, die mit SPSS erstellt wurden

#### 4.5.1 Korrelationsberechnungen

Zur Analyse möglicher statistischer Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von Indikatorbakterien und Campylobacter in den untersuchten Wässern wurden Korrelationsberechnungen durchgeführt. In der Regel würde man den Produktmoment-Korrelationskoeffizienten nach Pearson bestimmen. Dieser kann aber nur bei normalverteilten Grundgesamtheiten eingesetzt werden. Hygienisch-mikrobiologische Ergebnisse sind aber nie normalverteilt, hierbei sind starke Schwankungen und Ausreißer zu erwarten (Tillett et al., 2001). Dies wurde auch bei den vorliegenden Ergebnissen festgestellt, weshalb der Korrelationskoeffizient nach Pearson nicht zur Anwendung kommen konnte. Ein weiterer limitierender Faktor für die statistische Auswertung war die Tatsache, dass für einige Probenahmestellen wenige Ergebnisse vorliegen, sodass nur eine kleine Stichprobe ( $n < 10$ ) untersucht werden kann und ein geeignetes Verfahren angewendet werden muss.

Ein Korrelationsverfahren, das nicht von Normalverteilungen und großen Stichproben abhängig ist, ist die Rangkorrelation. Die bekanntesten Testverfahren sind der Koef-

fizient nach Spearman und nach Kendall. Bei den vorliegenden Ergebnissen stellte sich eine Häufung bestimmter Einzelwerte, wie 0 KBE/100 mL, heraus. Treten gleiche Werte innerhalb einer zu untersuchenden Variablen mehrmals auf, spricht man bei der Korrelationsberechnung von Bindungen. Unkorrigiert führen Bindungen bei der Korrelationsberechnung zu einer Verfälschung des ermittelten Koeffizienten. Außerdem ist das Verfahren nach Spearman anfällig gegenüber „Ausreißerdifferenzen“, besonders bei geringer Fallzahl, weshalb Zöfel in diesem Fall empfiehlt, auf Kendalls Korrelationskoeffizient Tau ( $\tau$ ) zurückzugreifen (Zöfel, 1992, Sachs, 1997). Aus den genannten Gründen:

- fehlende Normalverteilung,
- kleine Stichprobe,
- Bindungen von Variablen,

wurde daher eine Rangkorrelationsberechnung nach Kendall durchgeführt.

Berechnungsvorschrift:

Dabei wird geprüft, ob

- eine Proversion vorliegt, d.h. dass sich x und y gleichsinnig verändern, also dass entweder  $x_i > x_j$  und  $y_i > y_j$  oder  $x_i < x_j$  und  $y_i < y_j$
- eine Inversion vorliegt, d.h. dass sich x und y gegensinnig verändern, also dass entweder  $x_i > x_j$  aber  $y_i < y_j$  oder  $x_i < x_j$  aber  $y_i > y_j$
- eine Bindung in einer oder beiden Variablen vorliegt, das heißt dass  $x_i = x_j$  und/oder  $y_i = y_j$

Die Anzahl der insgesamt durchgeführten Vergleiche ist gleich  $n(n-1)/2$

Es sei nun: **P** die Anzahl der Proversionen

**I** die Anzahl der Inversionen

**T<sub>x</sub>** die Anzahl der Bindungen in x

**T<sub>y</sub>** die Anzahl der Bindungen in y

Es ergibt sich

$$\tau = \frac{P - I}{\sqrt{(n(n-1)/2 - T_x) * (n(n-1)/2 - T_y)}}$$



## 5. Ergebnisse

### 5.1 Vorkommen von *Campylobacter* unter Trockenwetterbedingungen

#### 5.1.1 *Campylobacter*konzentrationen in Fließgewässern

Im Nauholzbach konnte im Zeitraum vom 17.2.-15.12.1997 in einer von 16 Proben *Campylobacter* nachgewiesen werden. In dieser Probe vom 2.9.1997 lagen die Konzentrationen bei 10 KBE/100 mL (Tab. 16). Am Kallpegel und Wahnbachpegel wurden 23 (Kall), bzw. 25 (Wahnbach) Proben untersucht (Tab. 16). Die Anzahl positiver Proben in diesen Einzugsgebieten war fast gleich (11, bzw. 10), aber es wurden deutlich mehr positive Proben gefunden als am Nauholzbach. Sowohl an der Kall als auch am Wahnbach fanden sich etwa gleich viele Proben innerhalb bestimmter Konzentrationsbereiche (Abb. 18).

Tab. 16: *Campylobacter*konzentrationen an den Pegeln der drei Talsperreneinzugsgebiete Nauholzbach, Kall und Wahnbach

| Probenstelle | Positive Proben | Anzahl Proben mit <i>Campylobacter</i> -nachweis [KBE/100 mL] |   |      |        |      | Gesamtanzahl Proben |
|--------------|-----------------|---|---|------|--------|------|---------------------|
|              | n               | 0   | 1 | 2-10 | 11-100 | >100 | n                   |
| Nauholzbach  | 1               | 15  | - | 1    | -      | -    | 16                  |
| Kall         | 11              | 12  | 4 | 3    | 1      | 3    | 23                  |
| Wahnbach     | 10              | 15  | 2 | 3    | 1      | 4    | 25                  |

Im Einzugsgebiet der Kall (Pegel und- Gewässerproben) waren von 69 untersuchten Pegel- und Gewässerproben insgesamt 52 % (n=36) für *Campylobacter* positiv, 48 % negativ (n=33) (Tab. 17). An der Stelle Entenpfuhl (K1) gelang lediglich ein Nachweis, die meisten Nachweise gelangen am Rossbach (K7), wo alle drei Proben positiv waren, und am Bruchgraben (K3), wo 4 von 5 Proben positiv waren. Die Verteilung von Probenanzahl, positiven und negativen Nachweisen pro Probenahmestelle ist in Tabelle 17 aufgelistet.

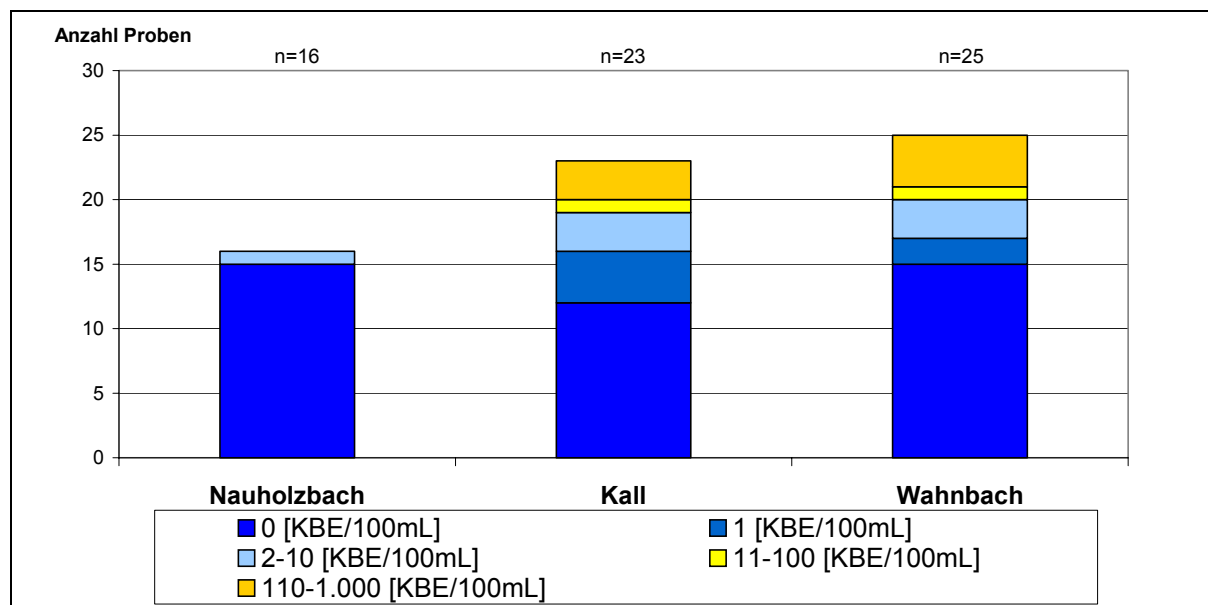


Abb. 18: Verteilung bestimmter Campylobacterkonzentrationen an den Pegeln der Einzugsgebiete Nauholzbach, Kall und Wahnbach

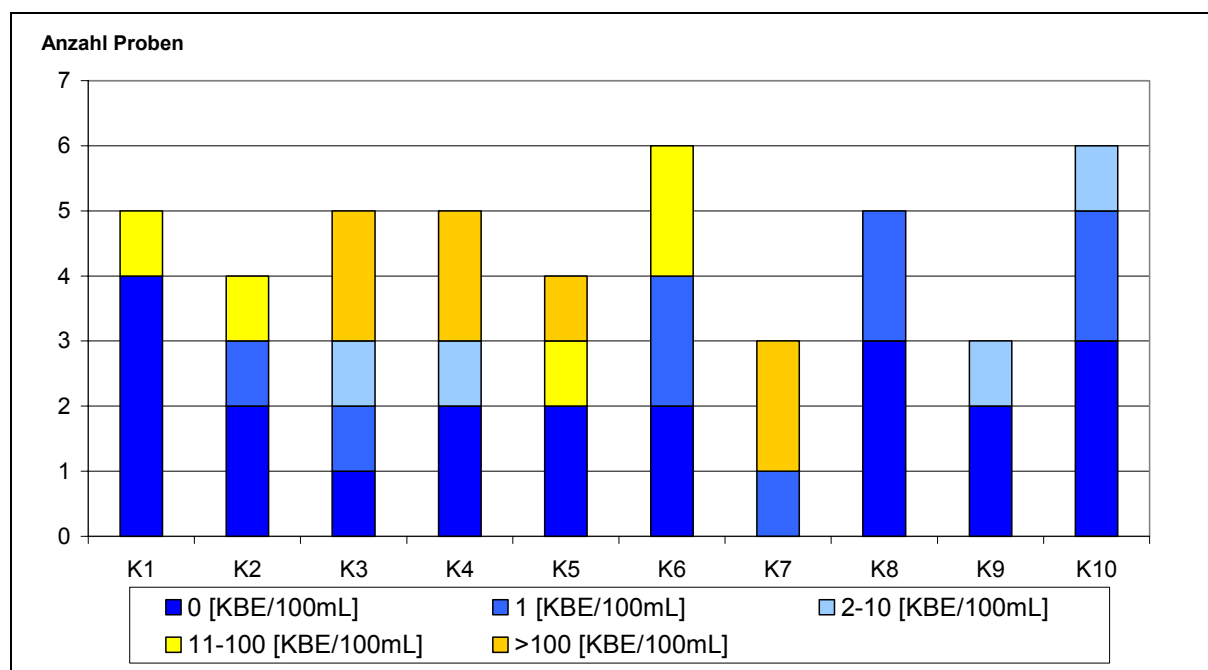


Abb. 19: Anzahl Proben mit bestimmten Campylobacterkonzentrationen an den Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kall

Bei den positiven Nachweisen fanden sich Konzentrationen zwischen 1 KBE/100 mL und >100 KBE/100 mL. In den Proben aus dem Bruchgraben (K3), Fischbach (K4), und Roßbach (K7) finden sich (prozentual) die meisten Proben mit Konzentrationen



>100 KBE/100 mL. Campylobacter in Konzentrationen von 1 KBE/100 mL enthielten 13 Proben, 7 Proben enthielten Konzentrationen von 2-10 KBE/100 mL und 6 Proben Konzentrationen von 11-100 KBE/100 mL. 10 Proben von insgesamt 69 enthielten Campylobacter in Konzentrationen von >100 KBE/ 100mL. (Tab. 17). Dies entspricht 14 % der Gesamtproben und 28 % aller positiven Proben.

Tab. 17: Anzahl der Campylobacter nachweise und Konzentrationen im Einzugsgebiet der Kall

| Probenstelle                 | Gesamt-<br>anzahl<br>Proben | Positive<br>Proben | Anzahl Proben mit Campylobacter-<br>nachweis [KBE/100 mL] |    |      |        |      |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------|---|----|------|--------|------|
|                              | n                           | n                  | 0   | 1  | 2-10 | 11-100 | >100 |
| K1 Entenpfuhl                | 5                           | 1                  | 4   | -  | -    | 1      | -    |
| K2 Hoscheit                  | 4                           | 2                  | 2   | 1  | -    | 1      | -    |
| K3 Bruchgraben               | 5                           | 4                  | 1   | 1  | 1    | -      | 2    |
| K4 Fischbach                 | 5                           | 3                  | 2   | -  | 1    | -      | 2    |
| K5 Kall v.<br>Paustenbach    | 4                           | 2                  | 2   | -  | -    | 1      | 1    |
| K6 Paustenbach               | 6                           | 4                  | 2   | 2  | -    | 2      | -    |
| K7 Rossbach                  | 3                           | 3                  | -   | 1  | -    | -      | 2    |
| K8 Domaine<br>Drainage       | 5                           | 2                  | 3   | 2  | -    | -      | -    |
| K9 Keltzerbach<br>linker Arm | 3                           | 1                  | 2   |    | 1    | -      | -    |
| K10 Keltzerbach              | 6                           | 3                  | 3   | 2  | 1    | -      | -    |
| Pegel                        | 23                          | 11                 | 12  | 4  | 3    | 1      | 3    |
| <b>Gesamt</b>                | 69                          | 36                 | 33  | 13 | 7    | 6      | 10   |

Im Einzugsgebiet der Swist wurden die Swist und der Jungbach beprobt. Die Probenstellen S1-S8 befinden sich an der Swist und sind dem Gewässer von der Quelle bis zur Mündung folgend nummeriert. Für die Proben S9-12 gilt dies analog, die Probenstellen liegen allerdings am Jungbach. Im Einzugsgebiet wurden insgesamt 101 Proben untersucht, davon waren 86,1 % (n=87) für Campylobacter positiv (Tab. 18). In der Swist und im Jungbach finden sich regelmäßig Campylobacter in Konzentrationen von >1.000 KBE/100 mL. Insgesamt sind dies 28 Proben, somit 31,5 % aller positiven und 27,2 % aller Proben. Schon an der ersten Probenahmestelle S1, die im Oberlauf der Swist liegt, werden in zwei Proben Campylobacter in Konzentrationen von >1.000 KBE/100 mL nachgewiesen. Dies steht im Gegensatz zu den anderen Einzugsgebieten, wo Konzentrationen >1.000 KBE/100 mL an keiner Probenahmestelle nachgewiesen wurden.

Tab. 18: Anzahl der *Campylobacter*nachweise und Konzentrationen im Einzugsgebiet der Swist Proben S1-S9 liegen entlang der Swist, Proben S9-S12 am Jungbach

| Proben-<br>stelle | Ge-<br>samt-<br>anzahl<br>Proben | Positive<br>Proben | Anzahl Proben mit bestimmten <i>Campylobacter</i> -<br>konzentrationen [KBE/100 mL] |    |      |        |               |                  |                    |
|-------------------|----------------------------------|--------------------|---|----|------|--------|---------------|------------------|--------------------|
|                   | n                                | n                  | 0   | 1  | 2-10 | 11-100 | 110-<br>1.000 | 1.100-<br>10.000 | 11.000-<br>100.000 |
| <b>S1</b>         | 10                               | 9                  | 1   | 2  | 1    | 3      | 1             | 2                | -                  |
| <b>S2</b>         | 10                               | 9                  | 1   | 2  | -    | 3      | -             | 3                | 1                  |
| <b>S3</b>         | 7                                | 5                  | 2   | -  | -    | 1      | -             | 4                | -                  |
| <b>S4</b>         | 7                                | 6                  | 1   | 1  | -    | 1      | 2             | 1                | 1                  |
| <b>S5</b>         | 11                               | 8                  | 3   | -  | 2    | 4      |               | 2                | -                  |
| <b>S6</b>         | 10                               | 10                 | -   | 3  | 1    | 3      | 2             | 1                | -                  |
| <b>S7</b>         | 10                               | 10                 | -   | -  | -    | 6      | -             | 4                | -                  |
| <b>S8</b>         | 7                                | 6                  | 1   | -  | 1    | 2      | -             | 3                | -                  |
| <b>S9</b>         | 7                                | 6                  | 1   | -  | 1    | 4      | -             | 1                | -                  |
| <b>S10</b>        | 9                                | 8                  | 1   | 2  | 2    | 1      | -             | 3                | -                  |
| <b>S11</b>        | 6                                | 5                  | 1   | -  | 1    | 1      | 1             | 2                | -                  |
| <b>S12</b>        | 7                                | 5                  | 2   | 2  | -    | 2      | 1             | -                | -                  |
| <b>Gesamt</b>     | 101                              | 87                 | 14  | 12 | 9    | 31     | 7             | 26               | 2                  |

Die meisten negativen Proben wurden an den Probenstellen S3 und S5 gefunden (Abb. 20). Diese Probenahmestellen befinden sich jeweils unterhalb von Kläranlagen. Die im Jungbach beprobten Stellen unterscheiden sich hinsichtlich der Häufigkeit der nachgewiesenen *Campylobacter* nicht wesentlich von denen an der Swist. Im Gewässerverlauf verändern sich die nachgewiesenen Konzentrationen nicht sehr. An der Stelle S12, vor der Einmündung des Jungbach in die Swist, finden sich geringere Konzentrationen als im oberen Bereich. An S12 waren 2 von 5 Proben negativ, im Gegensatz zu den Stellen S9-11, wo jeweils nur eine Probe im Untersuchungszeitraum negativ war. Am Jungbach wurden Konzentrationen >10.000 KBE/100 mL nicht nachgewiesen.

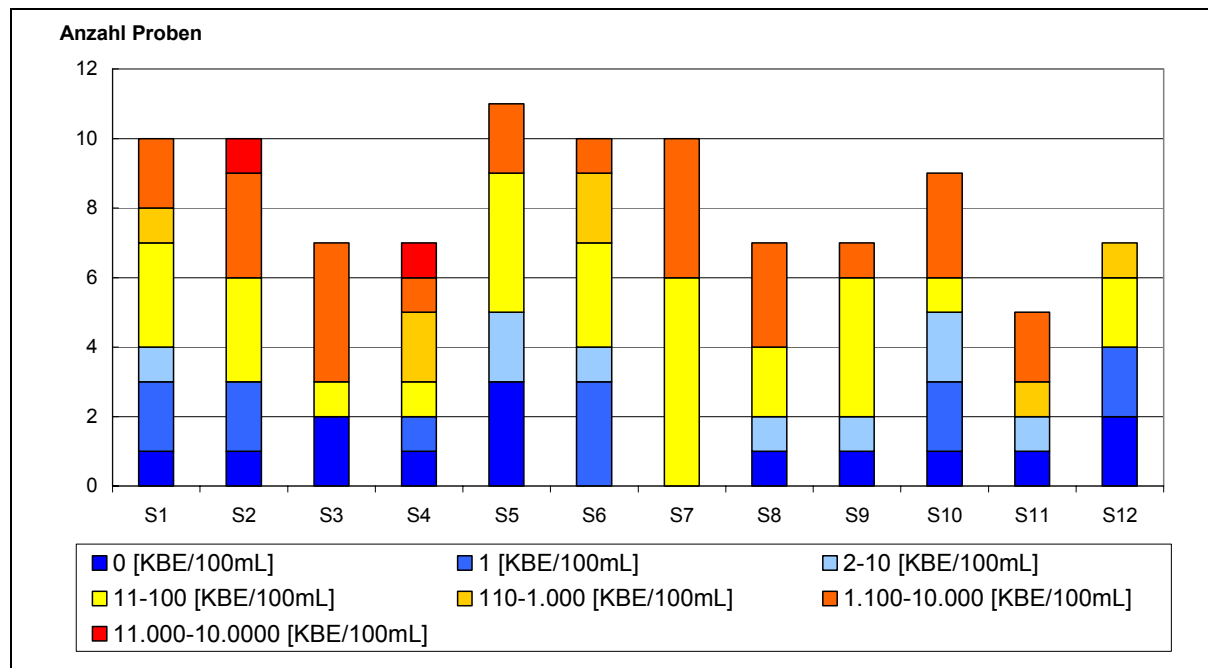


Abb. 20: Anzahl der Proben mit bestimmten Campylobacterkonzentrationen an den Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Swist

Vergleicht man die Campylobacterkonzentrationen an den verschiedenen Probenahmestellen im Einzugsgebiet der Kall und der Swist (Abb. 19 und Abb. 20), stellt man fest, dass an der Swist in routinemäßig untersuchten Proben deutlich höhere Campylobacterkonzentrationen auftreten als an der Kall. Im Einzugsgebiet der Swist enthielten 26 von 103 Proben (25,2 %) bis zu 10.000 KBE/100 mL Campylobacter, zwei Proben sogar Konzentrationen darüber. Diese Proben verteilen sich über alle Probenahmestellen im Einzugsgebiet, mit Ausnahme von S12. Im Einzugsgebiet der Kall wiesen 7 Proben von 46 (15,2 %) Campylobacterkonzentrationen >100 KBE/100 mL auf. Diese Proben beschränken sich auf 4 von 10 Probenahmestellen (K3-5, K7). In die Swist und ihre Nebengewässern werden Campylobacter regelmäßig in hohen Konzentrationen eingetragen, die Belastung des Gewässers ist deutlich größer als in den anderen Einzugsgebieten.

### 5.1.2 Campylobacterkonzentrationen im Abwasser

Im Einzugsgebiet der Swist wurden 6 Kläranlagen (Flerzheim, Rheinbach, Heimerzheim, Miel, Hilberath und Loch) untersucht. Beprobte wurde sowohl der Zulauf, als auch korrespondierend der Ablauf. In Abbildung 21 sind die Ergebnisse der Untersuchungen auf Campylobacter an den größeren Kläranlagen dargestellt. Große Kläranlagen mit abschließender Flockungsfiltration des gereinigten Abwassers sind Flerzheim und Rheinbach. In Abbildung 22 sind die Campylobacterkonzentrationen in den kleineren Kläranlagen dargestellt. Die Kläranlagen Heimerzheim und Miel verfügen

über Tropfkörper und Nachklärbecken. Die Kläranlagen Hilberath und Loch sind Kompaktkläranlagen, in denen die gesamte Abwasserreinigung in einem Becken stattfindet.

Die Campylobacterkonzentrationen im Zulauf der großen Kläranlagen sind in Flerzheim in 50 % der untersuchten Proben  $>100.000$  KBE/100 mL, in der Kläranlage Rheinbach sind es 60 %. Konzentrationen  $<100$  KBE/100 mL finden sich nur in 10 % der untersuchten Proben der Kläranlage Flerzheim, also einer Probe. Im Ablauf der Kläranlagen befinden sich immer weniger als 10.000 KBE/100 mL Campylobacter. An jeder Kläranlage enthält mindestens eine untersuchte Probe 10 KBE/100 mL oder geringere Campylobacterkonzentrationen. An der Anlage Flerzheim finden sich am häufigsten im Ablauf Proben mit einer Konzentration von maximal 100 KBE/100 mL, gefolgt von Rheinbach.

An den kleineren Anlagen wurden weniger Zu- und Ablaufproben untersucht als an den größeren. Während an den Anlagen Flerzheim und Rheinbach im Zulauf Campylobacterkonzentrationen von mehr als 10.000 KBE/100 mL in 50-60 % der untersuchten Proben gefunden wurden, sind dies an der Anlage in Miel 34 % und an Anlage Heimerzheim 40 %. An der Anlage Loch sind 50 % der untersuchten Proben mit Campylobacter in Konzentrationen von mehr als 10.000 KBE/100 mL belastet, an der Anlage Hilberath 75 %. In den Abläufen der Kläranlagen Miel, Hilberath und Heimerzheim finden sich deutlich öfter Campylobacter in Konzentrationen von bis zu 100 KBE/100 mL. Der Ablauf von Miel enthält diese Konzentrationen in 75 %, Heimerzheim in 60 % und Hilberath in 50 % der untersuchten Proben (Abb. 22), vergleichbar mit Flerzheim (Abb. 21). Auffallend ist der Ablauf der Kläranlage Loch. Hier wurden nur in 20 % der untersuchten Proben Campylobacter in Konzentrationen zwischen 11-100 KBE/100 mL nachgewiesen. Proben mit geringeren Konzentrationen wurden nicht gefunden und 80 % der Proben enthielten Campylobacter in Konzentrationen zwischen 110-1.000 KBE/100 mL (60 %) und 1.100-10.000 KBE/100 mL (20 %).

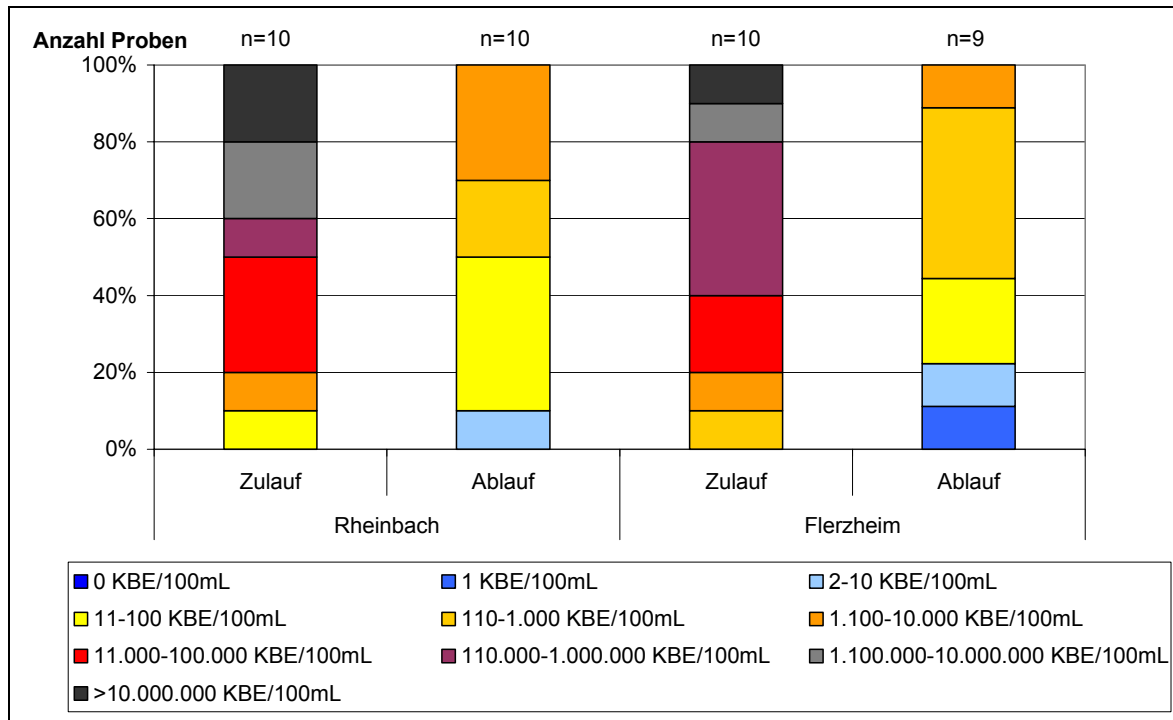


Abb. 21: Häufigkeiten von Campylobacterkonzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen Florzheim und Rheinbach

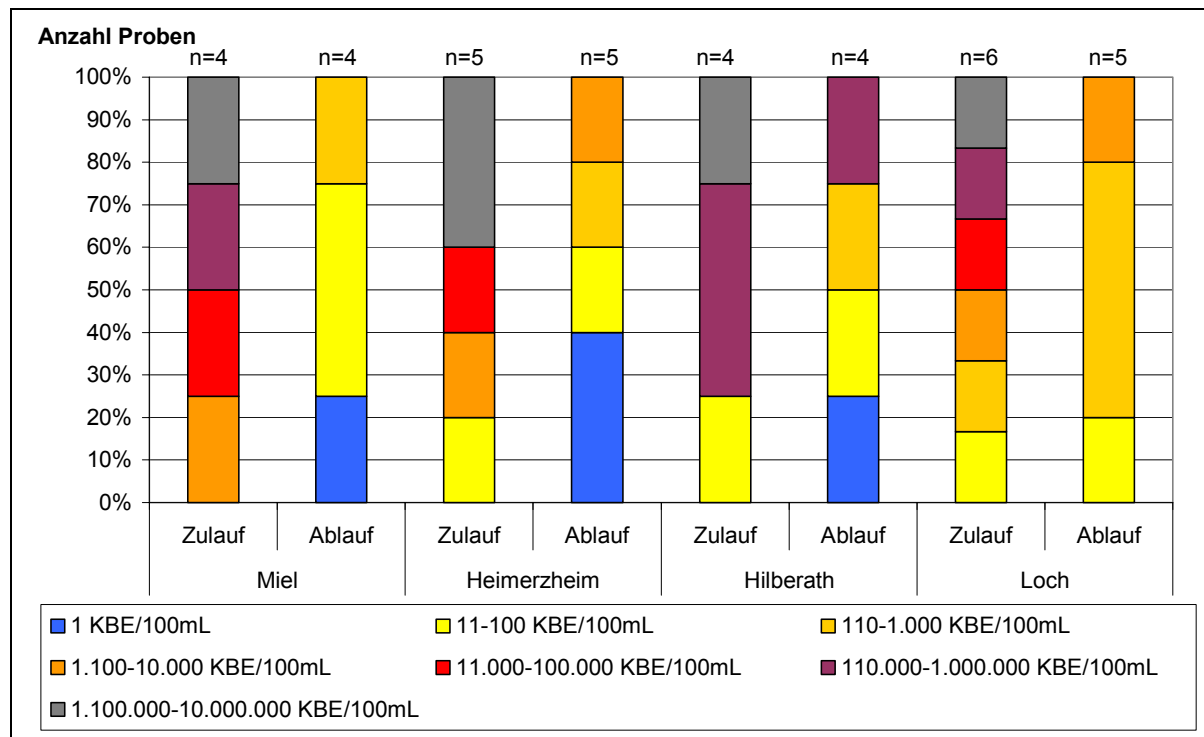


Abb. 22: Häufigkeiten von Campylobacterkonzentrationen im Zulauf und Ablauf der Kläranlagen Heimerzheim, Miel, Hilberath und Loch

## 5.2 Vorkommen hygienisch-mikrobiologischer Indikatorparameter unter Trockenwetterbedingungen

### 5.2.1 Indikatorparameter in Fließgewässern

Am Pegel Nauholzbach wurden 15 Proben untersucht. Coliforme Bakterien, die sowohl aus dem Darm von Warmblütern als auch aus der Umwelt stammen können, finden sich im Durchschnitt in Konzentrationen von 1.000 KBE/100 mL. Wie aus Abbildung 23 ersichtlich ist, unterliegt dieser Parameter starken Schwankungen. Die höchsten Konzentrationen liegen bei >10.000 KBE/100 mL, die niedrigsten bei 100 KBE/100 mL. In deutlich geringeren Konzentrationen treten Fäkalstreptokokken (Median:10 KBE/100 mL) und *E. coli* (Median: 22 KBE/100 mL) auf. Clostridien sind im Median mit 1 KBE/100 mL nachgewiesen worden, der Höchstwert lag bei 10 KBE/100 mL. Die allgemeine Koloniezahl gemessen bei 20 °C lag im Median bei 400 KBE/100 mL; bei 36 °C gemessene Koloniezahlen lagen mit 70 KBE/mL im Median etwa ein Logstufe darunter.

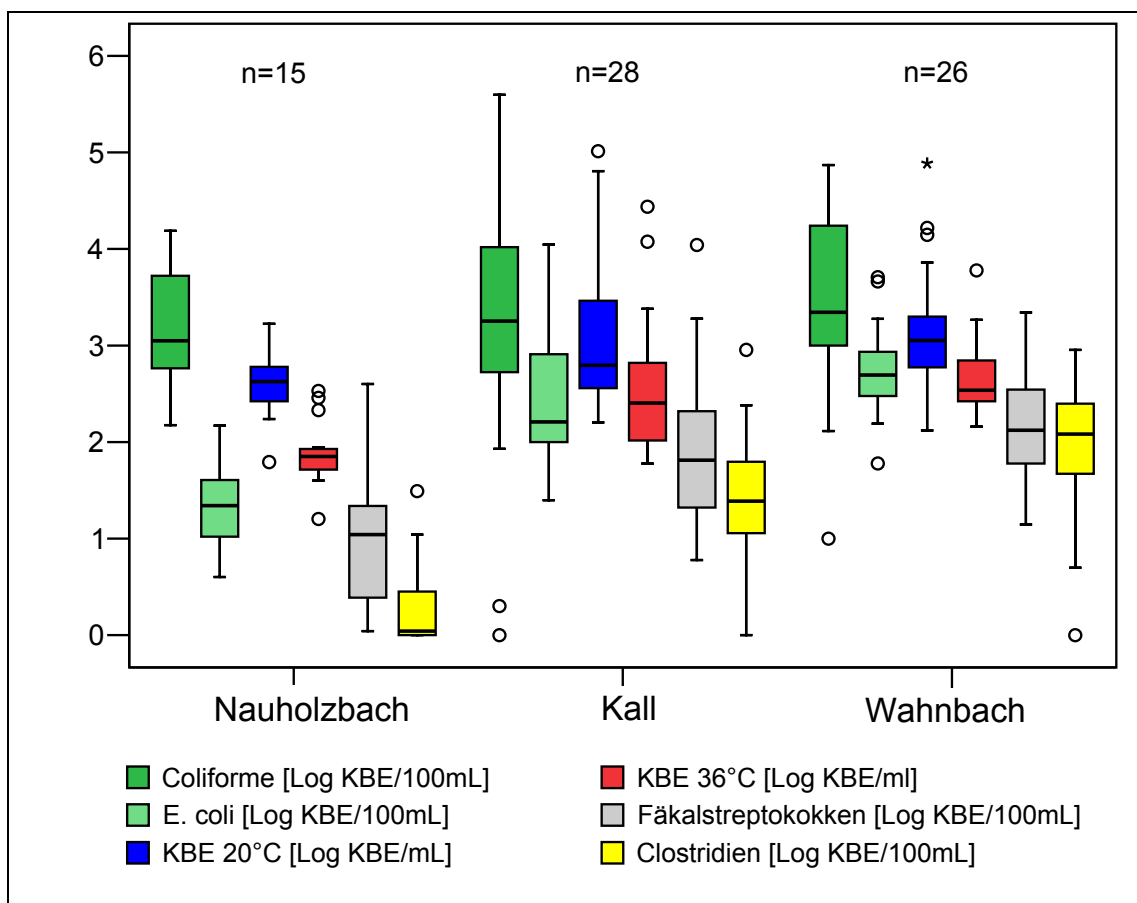


Abb. 23: Konzentrationen bakteriologischer Parameter an den Pegelprobenahmestellen Nauholz-  
bach, Kall und Wahnbach

Neben dem Nauholzbach sind auch die Zuflüsse der Kalltalsperre, die Kall und der Zufluss zur Wahnbachtalsperre, der Wahnbach, auf verschiedene hygienisch-mikrobiologisch relevante Parameter untersucht worden. Insgesamt wurden an der Kall 28 und am Wahnbach 26 Proben untersucht. Die beiden Probenahmestellen unterscheiden sich bezogen auf die mikrobiologische Wasserqualität der untersuchten Proben nur gering (Abb. 23).

Coliforme Bakterien fanden sich am Pegel der Kall und des Wahnbaches in Konzentrationen von 1.500 KBE/100 mL. Die Höchstkonzentration betrug an der Kall 396.000 KBE/100 mL, am Wahnbach waren es 74.000 KBE/100 mL. Die *E. coli* Konzentrationen der Kall lagen mit 150 KBE/100 mL eine Log-Stufe unter dem Median der coliformen Bakterien, am Pegel Wahnbach lagen sie im Median bei 500 KBE/100 mL, waren also 3mal so hoch wie an der Kall. Auffallend waren die großen Schwankungen innerhalb verschiedener Proben an der Kall. Der Tiefstwert von *E. coli* betrug 25 KBE/100 mL, der Höchstwert 11.000 KBE/100 mL. Am Pegel Wahnbach war die gemessene Schwankung geringer (Minimum: 60 KBE/100 mL; Maximum: 5.100 KBE/100 mL). Die allgemeine Koloniezahl gemessen bei 20 °C lag am Pegel Nauholzbach im Median bei 700 KBE/mL, an der Stelle Kall Pegel wurden 800 KBE/mL und an der Stelle Wahnbach Pegel 1.100 KBE/mL gemessen. Die allgemeine Koloniezahl bei 36 °C lag im Durchschnitt am Nauholzbach bei 90 KBE/mL. An den anderen beiden Probenahmestellen lag der Median bei ca. 500 KBE/mL. Dabei unterschieden sich Kall und Wahnbach kaum voneinander. Fäkalstreptokokken fanden sich an der Kall im Median in Konzentrationen von 70 KBE/100 mL, am Wahnbach 120 KBE/100 mL. Die Höchstwerte betrugen 1.900 KBE/100 mL, bzw. 2.200 KBE/100 mL und waren fast gleich. Die nachgewiesenen Clostridienkonzentrationen unterschieden sich im Gegensatz zu den Fäkalstreptokokkenkonzentrationen für beide Probenahmestellen. Der Median lag am Pegel Kall bei 20 KBE/100 mL, an der Stelle Wahnbach Pegel betrug er 125 KBE/100mL. Der Pegel Kall hatte die niedrigsten Konzentrationen bei 1 KBE/100 mL, Wahnbach Pegel bei 8 KBE/100 mL; die Höchstkonzentrationen lagen an Kall Pegel bei 400 KBE/100 mL, an Wahnbach Pegel bei 1.000 KBE/100 mL.

Im Einzugsgebiet der Kall wurden weitere 10 Probenahmestellen auf verschiedene bakteriologische Parameter beprobt. Fäkalstreptokokken wurden im Durchschnitt in Konzentrationen zwischen 20-700 KBE/100 mL nachgewiesen (Abb. 24). Die niedrigsten Konzentrationen lagen bei 1 KBE/100 mL, die höchsten zwischen 6.000-8.600 KBE/100 mL. Einzige Ausnahme ist die Stelle Fischbach (K4), wo im Oktober 1997 98.000 KBE/100 mL gemessen wurden. Im Gewässerverlauf nahmen die Fä-

kalstreptokokken zunächst bis zur Stelle Bruchgraben (K3) zu, um danach auf einem etwas niedrigeren Niveau nahezu konstant zu bleiben (K4-K7). Die Stellen K8-K10 spiegelten die bakterielle Belastung im zweiten Zufluss der Kalltalsperre, dem Keltzerbach, wider. In diesem Zufluss war die Fäkalstreptokokkenkonzentration an der Domaine (K8) etwas höher als an den anderen beiden Probenahmestellen. Durchschnittlich wurden hier 30 KBE/100 mL gefunden, an den Stellen Keltzerbach, linker Arm (K9) und Keltzerbach (K10) sind es 10 KBE/100 mL. Die Konzentrationen von *E. coli* verhielten sich im Gewässerverlauf ähnlich denen der Fäkalstreptokokken, allerdings fanden sich bis auf Hoscheit (K2) durchschnittlich immer mehr *E. coli* in den untersuchten Proben, als Fäkalstreptokokken (Abb. 24). Diese Schwankungen waren an den Stellen Hoscheit (K2), Fischbach (K4), Roßbach (K7) und Keltzerbach, linker Arm (K9) gering, an den anderen Probenahmestellen fanden sich eine Log-Stufe mehr *E. coli* in den Wasserproben als Fäkalstreptokokken.

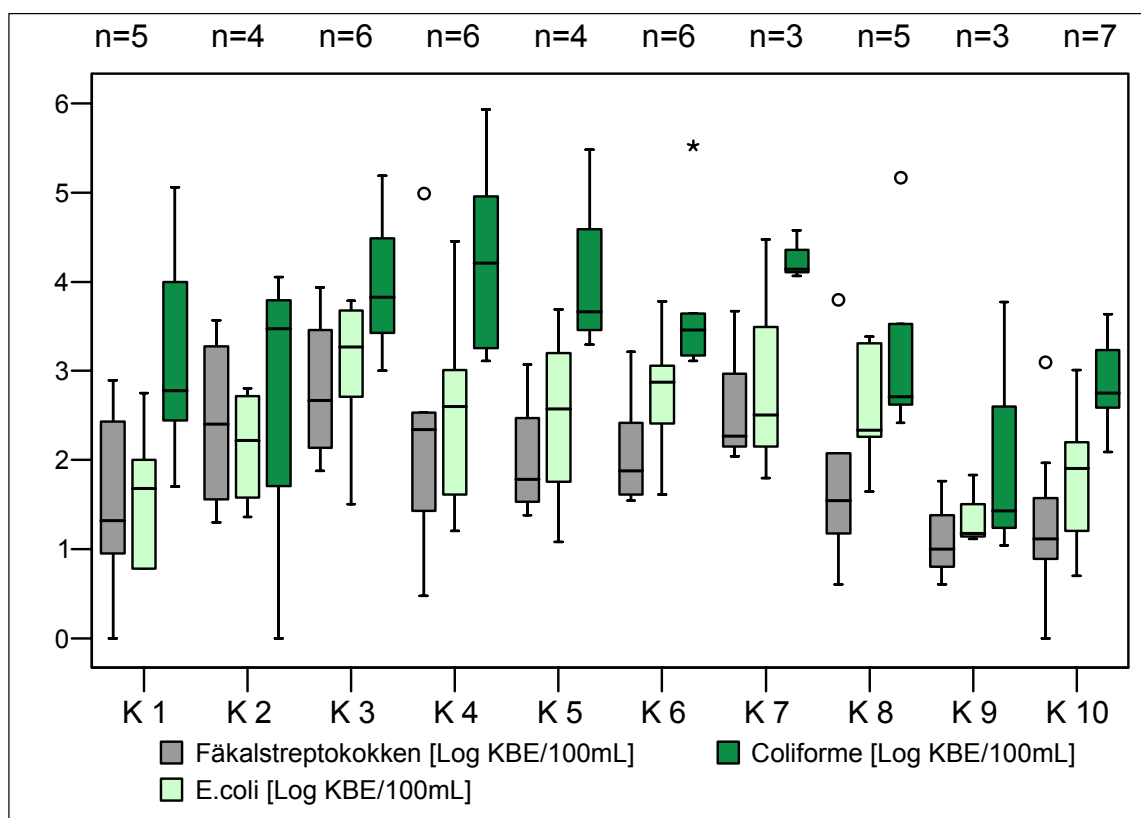


Abb. 24: Konzentrationen dreier Fäkalindikatoren im Einzugsgebiet der Kall (K1-7) und des Keltzerbaches (K8-K10)

Die geringsten *E. coli* Konzentrationen an der Kall betragen 6 KBE/100 mL, am Keltzerbach 5 KBE/100 mL. Die höchsten Konzentrationen fanden sich am Fischbach (K4) mit 28.500 KBE/100 mL am selben Tag wie die Höchstwerte für Fäkalstreptokokken und am Rossbach (K7) mit 30.000 KBE/100 mL im Januar 1998. Die Kon-



zentrationen coliformer Bakterien verhielten sich im Gewässerverlauf wie die vorhergehend beschriebenen Parameter (Abb. 24). Die Schwankungsbreite der gemessenen Konzentrationen war allerdings wesentlich größer. Durchschnittlich fanden sich zwischen 1.000 und 10.000 KBE/100 mL in den untersuchten Proben. Der niedrigste Wert lag in Hoscheit (K2) mit 1 KBE/100 mL im Februar 1997, der höchste am Fischbach (K4) mit 860.000 KBE/100 mL im Oktober 1997. Am Keltzerbach blieb die coliformen Konzentration im Verlauf des Baches konstant (P8, P10). Die Probenahmestelle P9 an einem Seitenarm des Keltzerbaches enthielt eine Log-Stufe weniger coliforme Bakterien.

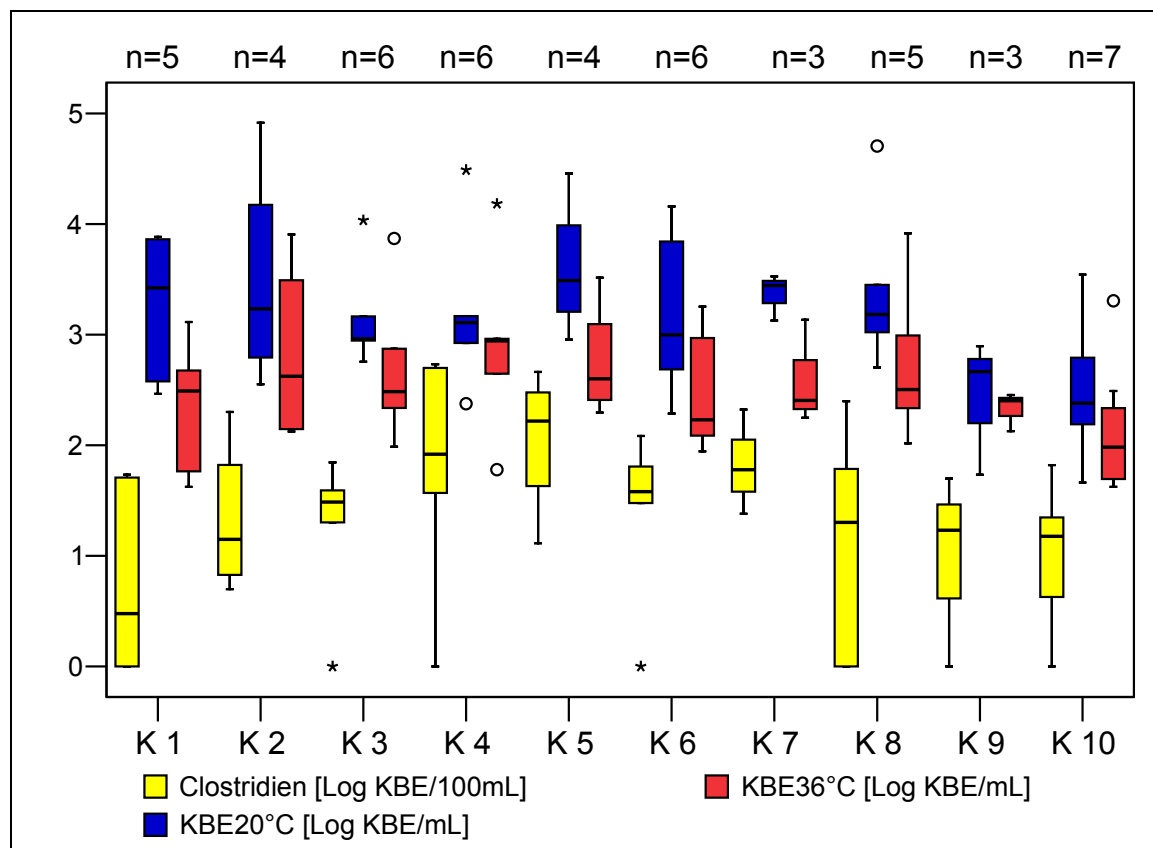


Abb. 25: Konzentrationen von Clostridien und allgemeiner Koloniezahl (KBE) bei 20 °C und 36 °C im Einzugsgebiet der Kall (K1-K7) und des Keltzerbaches (K8-K10)

Clostridien wurden an der Kall im Oberlauf an der Stelle Entenfuhr (K1) im Durchschnitt in Konzentrationen von 5 KBE/100 mL nachgewiesen (Abb. 25). Im Gewässerverlauf stiegen die Konzentrationen auf 300 KBE/100 mL an der Stelle Kall vor Paustenbach (K5) an. Die beiden Nebengewässer Paustenbach (K6) und Roßbach (K7) enthielten durchschnittlich etwa 100 KBE/100 mL Clostridien, also weniger als die Kall. Am Keltzerbach waren die Clostridienkonzentrationen an den drei Probe-

nahmestellen (K8-K10) im Durchschnitt gleich mit etwa 130 KBE/100 mL. Die größten Schwankungen zeigten sich an den Stellen Entenpfuhl (K1) mit 1,8 Log-Stufen, sowie Fischbach (K4) und Domaine (K8) mit je 2,5 Log-Stufen Differenz. Der Median der allgemeinen Koloniezahl, gemessen bei 20 °C und 36 °C, verlief gleichmäßig über den Gewässerverlauf (Abb. 25). Durchschnittlich fanden sich Konzentrationen von 150-1.000 KBE/100 mL für die Koloniezahl bei 36 °C und 500-3.000 KBE/100 mL für die Koloniezahl bei 20 °C. Die Koloniezahl bei 36 °C lag an jeder Probenahmestelle immer unterhalb der Koloniezahl bei 20 °C.

Im Einzugsgebiet der Swist wurden sowohl die Swist (S1-S8), als auch der Jungbach (S9-S12), eines ihrer wichtigsten Nebengewässer beprobt. Fäkalstreptokokken fanden sich im Median in Konzentrationen von 100-1.000 KBE/100 mL (Abb. 26). Entlang der Swist ist der Median an der Stelle S3 mit 100 KBE/100 mL am niedrigsten, gleiches gilt für den Jungbach an der Stelle S10. An diesen beiden Stellen wurden auch jeweils die Proben mit den niedrigsten Konzentrationen Fäkalstreptokokken entnommen, S4 23 KBE/100 mL, S10 14 KBE/100 mL. An allen Probenahmestellen schwanken die gefundenen Konzentrationen im Bereich von zwei Log-Stufen, an der Stelle S10, oberhalb der Kläranlage Loch sind es drei. Die *E. coli* Konzentrationen schwankten an den Probenahmestellen der Swist im Median im Bereich 500-1.500 KBE/100 mL (Abb. 26). Innerhalb einer Probenahmestelle treten Schwankungen von 0,5 Log-Stufen (S2, oberhalb Kläranlage Flerzheim) bis 2,5 Log-Stufen (S1, oberhalb Holzweiler) auf. Die höchsten *E. coli* Konzentrationen fanden sich an der Stelle S1, oberhalb Holzweiler, (24.000 KBE/100 mL) und S5, unterhalb Kläranlage Miel, (27.000 KBE/100 mL), die niedrigste ebenfalls an der Stelle S1 (59 KBE/100 mL). Die im Jungbach an den Stellen oberhalb der Kläranlage Loch (S10) und S12, Jungbach bei Miel, gemessenen Mediane von *E. coli* lagen mit 250 KBE/100 mL unter denen an der Swist. An der Stelle S11, unterhalb der Kläranlage Loch, lag der Median allerdings um eine Logstufe höher, bei 2.500 KBE/100 mL. Coliforme Bakterien wurden an der Swist in Konzentrationen im Median von 8.000 KBE/100 mL (S1, oberhalb Holzweiler) – 25.000 KBE/100 mL (S9, Schweinheim) gemessen (Abb. 26). Dabei schwankten die Mediane unterhalb der Stelle S4, unterhalb RÜB Morenhoven kaum noch. Im Jungbach wurden an der Stelle oberhalb der Kläranlage Loch (S10) im Median 1.500 KBE/100 mL coliforme Bakterien nachgewiesen, an der Stelle Jungbach bei Miel (S12) mit 3.900 KBE/100 mL mehr als doppelt soviel.

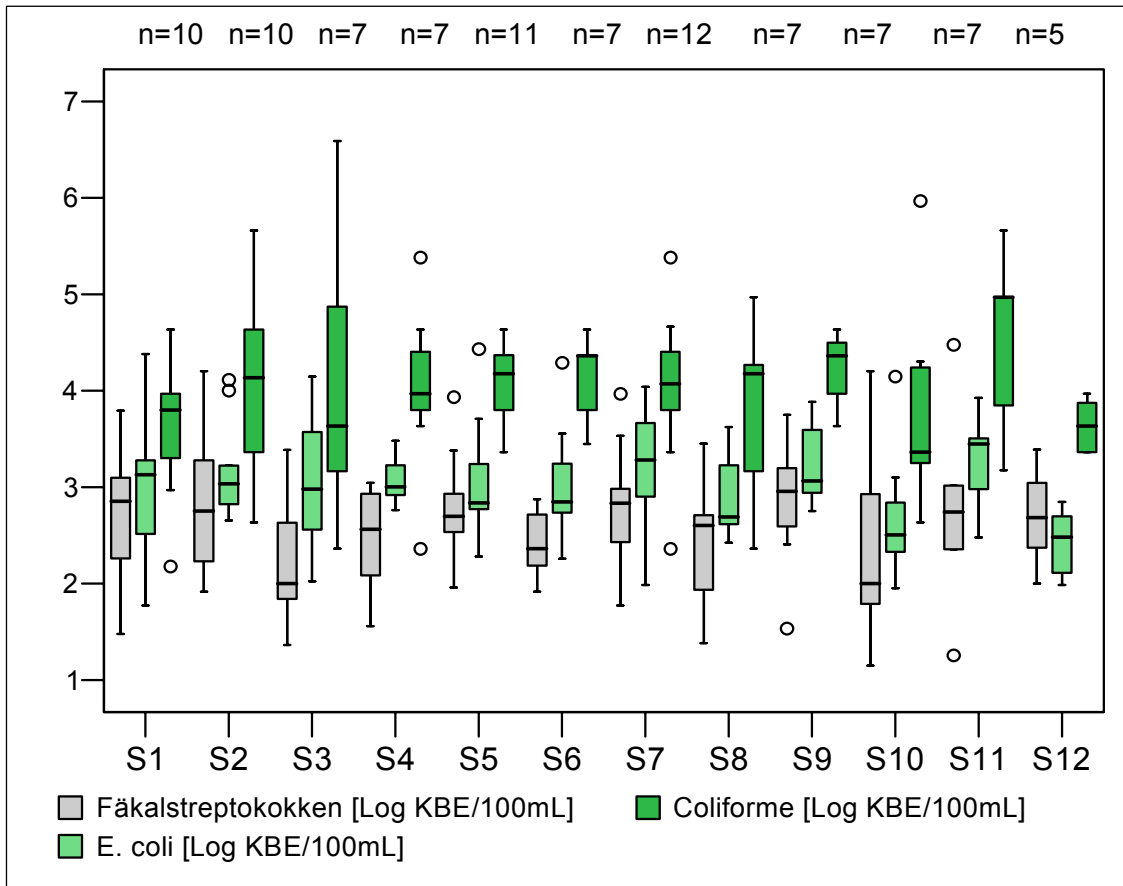


Abb. 26: Konzentrationen von Fäkalstreptokokken, coliformen Bakterien und E. coli im Einzugsgebiet der Swist (S1-S12)

Dazwischen lag die Stelle S11, unterhalb der Kläranlage Loch, wo die höchsten im gesamten Einzugsgebiet gemessenen Konzentrationen coliformer Bakterien mit 90.000 KBE/100 mL im Median gefunden wurden. Der absolute Höchstwert wurde an der Stelle S3, unterhalb der Kläranlage Flerzheim, mit  $3,9 \times 10^6$  KBE/100 mL gemessen. Diese Stelle wies auch die höchste Schwankungsbreite der Ergebnisse mit vier Log-Stufen auf.

Deutlich größere Schwankungen der Konzentrationen entlang des Gewässerverlaufes fanden sich für den Parameter Clostridien (Abb. 27). Der niedrigste Konzentrationsmedian lag an der Stelle S3, unterhalb Kläranlage Flerzheim, mit 32 KBE/100 mL. Der höchste Median mit 316 KBE/100 mL wurde an der Stelle S7, unterhalb Kläranlage Heimerzheim gemessen. Am Anfang der Swist, S1, und am Gebietsauslass S9, Weilerswist, wurden jeweils Clostridien im Median in Konzentrationen von 63 KBE/100 mL nachgewiesen. Am Jungbach erhöhten sich die Konzentrationen von 100 KBE/100 mL an der Stelle S10 oberhalb Kläranlage Loch, auf 360 KBE/100 mL im Median an der Stelle S12, Jungbach bei Miel.

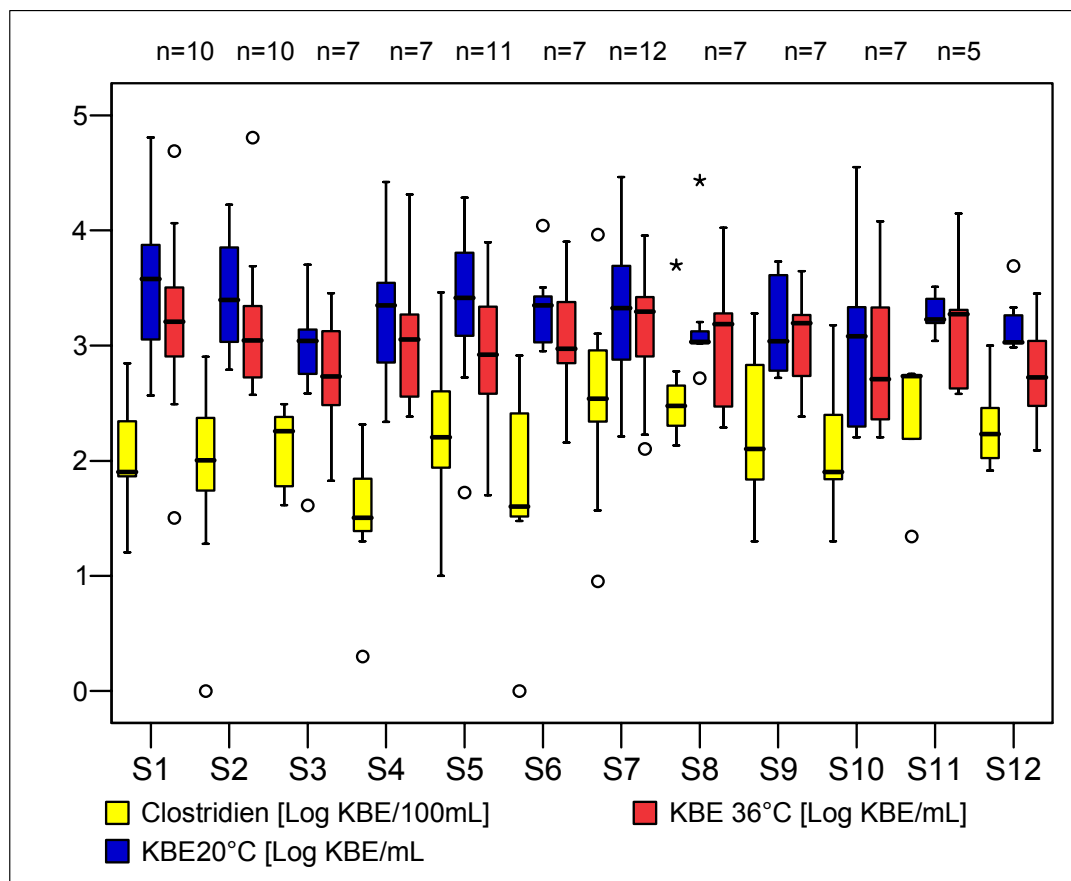


Abb. 27: Konzentrationen von Clostridien und allgemeiner Koloniezahl bei 20 ° und 36 °C im Einzugsgebiet der Swist (S1-S12)

Darüber lag die Stelle S11, unterhalb Kläranlage Loch mit Konzentrationen von 500 KBE/100 mL im Median. Der absolute Höchstwert wurde an der Stelle S9, Schweinheim, mit 9.200 KBE/100 mL gemessen, der niedrigste Wert war 1 KBE/100 mL an den Stellen S2, unterhalb Kläranlage Flerzheim, S4, unterhalb RÜB Morenhoven, und S6, oberhalb Kläranlage Heimerzheim. Die allgemeine Koloniezahl bei 20 °C und 36 °C lag im Median zwischen 1.000 und 10.000 KBE/mL (Abb. 27). An den Stellen S7-S9, unterhalb Kläranlage Heimerzheim, Weilerswist und Schweinheim, überstiegen die Konzentrationen der Koloniezahl gemessen bei 36 °C die der Koloniezahl bei 20 °C, an allen anderen Stellen lag sie darunter. Größere Schwankungen innerhalb einer Probenahmestelle traten bei der Koloniezahl von 36 °C auf. Hier wurden Schwankungen bis zu drei Log-Stufen gefunden. An der Stelle S10, oberhalb Kläranlage Loch, schwankten beide Parameter der allgemeinen Koloniezahl sehr stark. Weder an der Swist noch am Jungbach war eine Zunahme der allgemeinen Koloniezahl im Gewässerverlauf eindeutig festzustellen, allerdings lagen die Koloniezahlen bei 36 °C im Jungbach mit 315 KBE/100 mL etwa eine Log-Stufe unter denen an der Swist (2.000 KBE/100 mL).

## 5.2.2 Indikatorparameter im Abwasser

### Kläranlage Flerzheim (KA1)

Für den Fäkalindikator *E. coli* ergaben sich für den Zulauf Konzentrationen von minimal  $3,77 \times 10^6$  bis  $2,2 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Median  $7,9 \times 10^6$  KBE/100 mL, für den Ablauf im Median 3.000 KBE/100 mL mit dem niedrigsten Wert bei 1.230 KBE/100 mL und dem höchsten 28.000 KBE/100 mL (Abb. 28). Die mit dem MPN-Verfahren ermittelten Werte des Parameters coliforme Bakterien schwankten zwischen  $1,5 \times 10^7$  und  $2,4 \times 10^8$  KBE/100 mL und lagen im Median bei  $3,9 \times 10^7$  KBE/100 mL (Abb. 28). Im Ablauf dieser Kläranlage fanden sich für coliforme Bakterien Konzentrationen im Median von 25.000 KBE/100 mL. Der niedrigste Wert lag bei 9.300 KBE/100 mL, der höchste bei 460.000 KBE/100 mL. Die Koloniezahlen bei 20 °C lagen im Zulauf der Kläranlage Flerzheim zwischen 55.000 und  $1,4 \times 10^7$  KBE/mL und bei 36 °C zwischen 120.000 und  $8,9 \times 10^6$  KBE/mL (Abb. 29). Im Ablauf ließen sich bei 20 °C Werte zwischen 210 und 15.600 KBE/mL und bei 36 °C Werte zwischen 160 und 12.000 KBE/mL nachweisen. Die Mediane im Zulauf wurden bei 630.000 KBE/mL (20 °C) und 560.000 KBE/mL (36 °C), im Ablauf bei 930 KBE/mL (20 °C) und 630 KBE/mL (36 °C) festgestellt. Bei den Fäkalstreptokokken fanden sich im Zulauf Werte zwischen 940.000 und  $1,2 \times 10^7$  KBE/100 mL (Abb. 30). Der Median im Zulauf lag bei  $2,23 \times 10^6$  KBE/100 mL. Im Ablauf lagen die Werte im Median bei 5.000 KBE/100 mL und schwankten zwischen 110 und 11.700 KBE/100 mL. Die Zahlen für Clostridien schwankten im Zulauf zwischen 5.000 und  $2 \times 10^5$  KBE/100 mL und im Ablauf zwischen 20 und 500 KBE/100 mL (Abb. 30). Der Median im Zulauf lag bei 79.000 KBE/100 mL, im Ablauf bei 100 KBE/100 mL.

### Kläranlage Heimerzheim (KA2)

Für den Parameter *E. coli* konnten im Zulauf Werte zwischen  $8 \times 10^6$  und  $1,74 \times 10^7$  KBE/100 mL ermittelt werden (Abb. 28). Der Median im Zulauf betrug  $6,8 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Ablauf lag er bei 3.580 KBE/100 mL. Im Ablauf schwanken die Konzentrationen zwischen 2.200 und 9.500 KBE/100 mL. Coliforme Bakterien fanden sich im Zulauf in Konzentrationen von  $4,3 \times 10^6$  bis  $1,1 \times 10^8$  KBE/100 mL, im Median  $1,0 \times 10^7$  KBE/100 mL (Abb. 28). Im Ablauf lagen die Werte im Bereich von 2.400 bis  $46.000^4$  KBE/100 mL, im Median 9.300 KBE/100 mL. Für den Zulauf der Kläranlage fanden sich bei 20 °C Koloniezahlen in Konzentrationen zwischen 240.000 und  $1,59 \times 10^6$  KBE/mL (Median  $1,25 \times 10^6$  KBE/mL), im Ablauf schwankten die Werte zwischen 1.000 und 2.600 KBE/mL (Median 1.580 KBE/mL) (Abb. 29). Bei 36 °C fanden sich im Zulauf Konzentrationen zwischen 210.000 und  $1,5 \times 10^6$  KBE/mL (Median 1,4

x  $10^6$  KBE/mL) und im Ablauf zwischen 250 und 5.600 KBE/mL (Median 1.330 KBE/mL). Fäkalstreptokokken schwankten im Zulauf zwischen  $1,6 \times 10^6$  und  $4,9 \times 10^6$  KBE/100 mL und im Ablauf zwischen 1.300 und 12.000 KBE/100 mL (Abb. 30). Der Median im Zulauf war  $3,5 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Ablauf betrug er 1.780 KBE/100 mL. Die Konzentrationen an Clostridien bewegten sich im Rahmen von 110.000 und 800.000 KBE/100 mL, bei einem Median von 580.000 KBE/100 mL im Zulauf und verringerten sich im Ablauf auf 340 bis 1.300 KBE/100 mL (Median 700 KBE/100 mL).

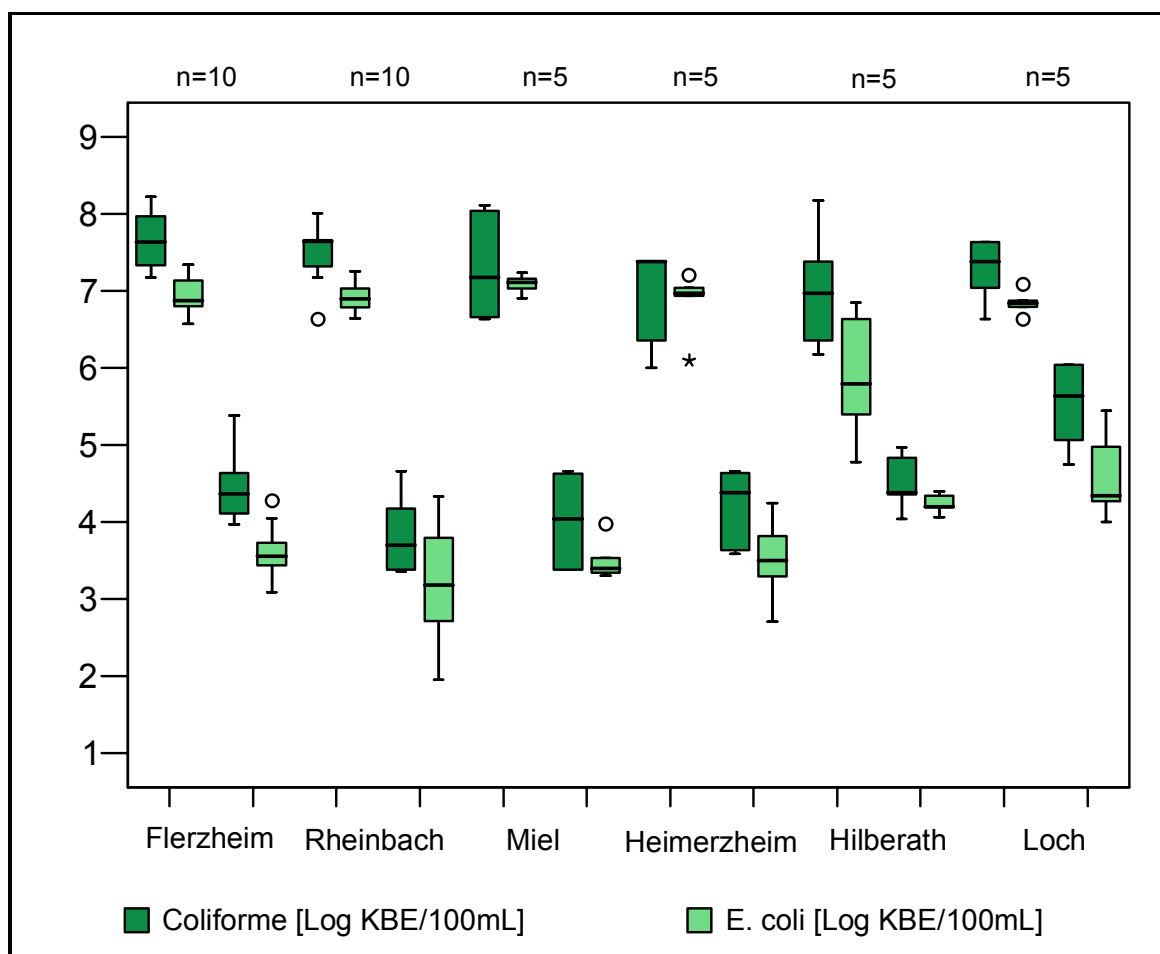


Abb. 28: *E. coli* und coliforme Bakterien im Zulauf (Wertepaar links) und Ablauf (Wertepaar rechts) der untersuchten Kläranlagen

### Kläranlage Hilberath (KA3)

Bezüglich des Indikators *E. coli* wurden für den Zulauf Bakterienkonzentrationen zwischen  $2,5 \times 10^5$  und  $7,1 \times 10^6$  KBE/100 mL nachgewiesen (Abb. 28). Im Ablauf wurden Konzentrationen zwischen 11.700 bis 22.000 KBE/100 mL ermittelt. Der Median lag im Zulauf bei  $5,1 \times 10^6$ , im Ablauf bei 13.000 KBE/100 mL. Coliforme Bakterien im

Zulauf fanden sich in Konzentrationen von  $1,5 \times 10^6$  bis  $2,4 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Median lagen sie bei  $1,2 \times 10^7$  KBE/100 mL (Abb. 28). Für den Ablauf ergaben sich Konzentrationen zwischen 11.000 und 93.000 KBE/100 mL, der Median lag bei  $1,7 \times 10^4$  KBE/100 mL. Die KBE-Konzentrationen des Zulaufs der Kläranlage Hilberath lagen bei 20 °C zwischen 13.000 und 730.000 KBE/mL, im Ablauf zwischen 800 und 6.700 KBE/mL (Abb. 29). Der Median im Zulauf lag bei 190.000 KBE/mL, im Ablauf bei 3.180 KBE/mL. Bei 36 °C wurden Konzentration von 11.000 bis 900.000 KBE/mL im Zulauf, und im Ablauf von 570 bis 6.100 KBE/mL festgestellt. Hier lagen die Mediane bei 500.000 KBE/mL und 3.760 KBE/mL. Die Zahlen für Fäkalstreptokokken schwankten im Zulauf zwischen 120.000 und  $4,7 \times 10^6$  KBE/100 mL, im Ablauf zwischen 1.400 und  $6.300^3$  KBE/100 mL (Abb. 30). Der Median im Zulauf betrug  $1,1 \times 10^6$  KBE/100 mL, im Ablauf 3.300 KBE/100 mL. Bei den Clostridien fanden sich für den Zulauf Konzentrationen zwischen 3.600 und 300.000 KBE/100 mL, im Median 24.000 KBE/100 mL, und für den Ablauf zwischen 190 und 1.000 KBE/100 mL, im Median 560 KBE/100 mL.

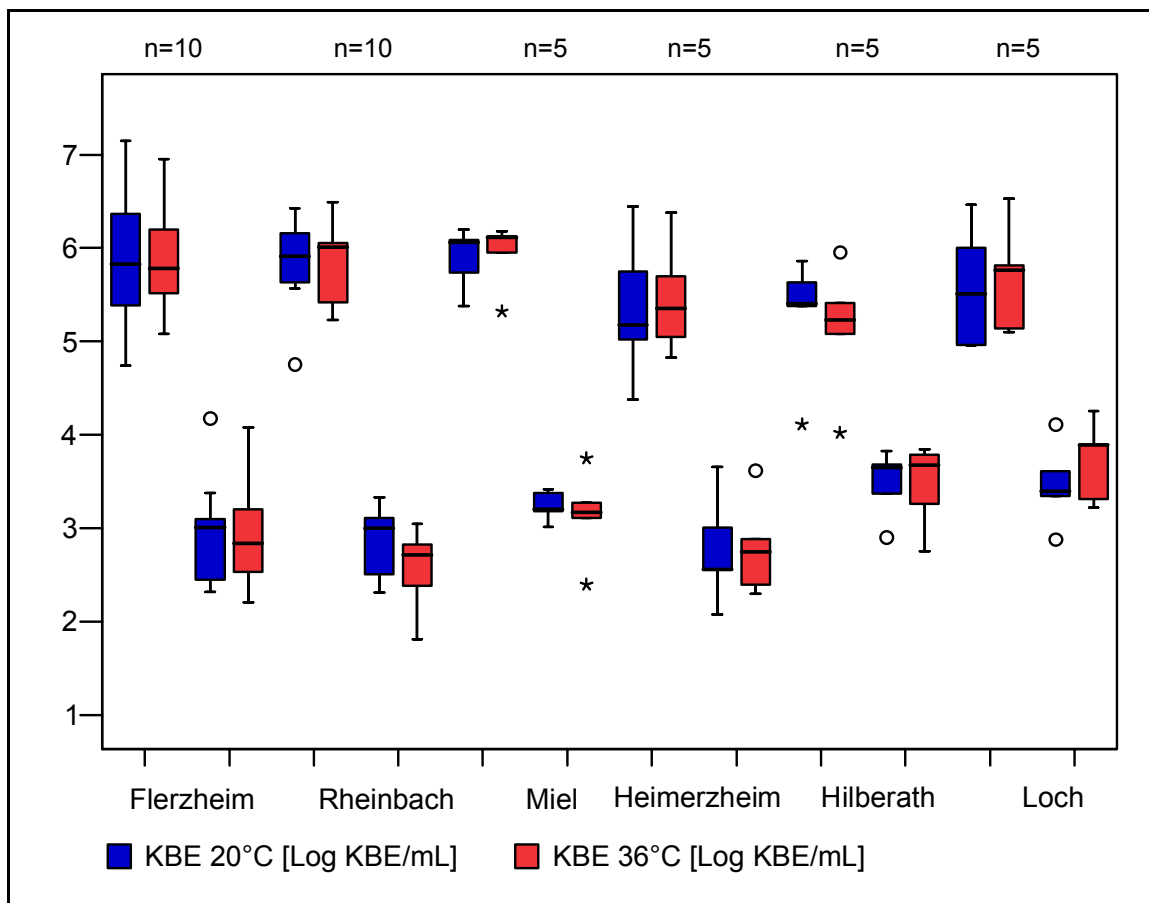


Abb. 29: Allgemeine Koloniezahl bei 20 °C und 36 °C im Zulauf (Wertepaar links) und Ablauf (Wertepaar rechts) der untersuchten Kläranlagen

### Kläranlage Loch (KA4)

Die Zahlen für *E. coli* im Zulauf schwankten zwischen  $4,3 \times 10^6$  und  $1,23 \times 10^7$  KBE/100 mL und für den Ablauf zwischen 10.000 und 28.000 KBE/100 mL (Abb. 28). Der Median im Zulauf lag bei  $1,05 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Ablauf bei 18.000 KBE/100 mL. Für Coliforme wurden Konzentrationen von  $4,3 \times 10^6$  bis  $4,3 \times 10^7$  KBE/100 mL im Zulauf nachgewiesen. Der Median betrug  $8,9 \times 10^6$  KBE/100 mL. Im Ablauf fanden sich im Median 250.000 KBE/100 mL, mit Schwankungen zwischen 93.000 und  $1,1 \times 10^6$  KBE/100 mL. Im Zulauf der Kläranlage ließen sich bei 20 °C Koloniezahlen zwischen 90.000 und  $2,9 \times 10^6$  KBE/mL nachweisen, während im Ablauf Konzentrationen zwischen 760 und 13.000 KBE/mL gemessen wurden (Abb. 29). Die Mediane lagen im Zulauf bei 280.000 KBE/mL, im Ablauf bei 1.800 KBE/mL. Bei 36 °C lagen die Koloniezahlen im Bereich von 126.000 bis  $3,4 \times 10^6$  KBE/mL im Zulauf, während für den Ablauf die Konzentrationen zwischen 1.660 und 18.000 KBE/mL lagen. Der Median im Zulauf lag bei 530.000 KBE/mL, im Ablauf bei 7.950 KBE/mL. Bei den Fäkalstreptokokken fanden sich für den Zulauf im Median Konzentrationen von  $1,0 \times 10^6$  KBE/100 mL, die Konzentrationen schwankten von 430.000 bis  $2,38 \times 10^6$  KBE/100 mL (Abb. 30). Für den Ablauf betrug der Median 3.000 KBE/100 mL, die Konzentrationen schwanken zwischen 1.100 und  $1 \times 10^6$  KBE/100 mL. Die Clostridienkonzentrationen schwankten im Zulauf zwischen 11.000 und 87.000 KBE/100 mL, im Ablauf lagen sie bei 790 bis 11.000 KBE/100 mL. Der Median betrug im Zulauf bei 48.000 KBE/100 mL, im Ablauf 1.480 KBE/100 mL.

### Kläranlage Miel (KA5)

Im Zulauf wurden Coliformenkonzentrationen von  $2,3 \times 10^6$  bis  $2,4 \times 10^8$  KBE/100 mL bestimmt, im Median von  $2 \times 10^7$  KBE/100 mL nachgewiesen (Abb. 28). Im Ablauf schwankten die Konzentrationen zwischen 3.900 und 46.000 KBE/100 mL, Median 15.800 KBE/100 mL. Für den Parameter *E. coli* wurden im Zulauf Werte zwischen 126.000 und  $1,6 \times 10^7$  KBE/100 mL und im Ablauf Werte zwischen 510 und 17.800 KBE/100 mL bestimmt. Im Zulauf wurden im Median  $1,1 \times 10^7$  KBE/100 mL und im Ablauf 1.990 KBE/100 mL nachgewiesen. An dieser Probenahmestelle wurden im Zulauf bei 20 °C Koloniezahlen in Konzentrationen von 23.800 bis  $2,78 \times 10^6$  KBE/mL (Median 126.000 KBE/mL) bestimmt, im Ablauf von 120 bis 4.530 KBE/mL (Median 310 KBE/mL) (Abb. 29). Bei 36 °C lagen die Koloniezahlen zwischen 67.000 und  $2,4 \times 10^6$  KBE/mL im Zulauf (Median 170.000 KBE/mL) und 200 bis 4.130 KBE/mL im Ablauf (Median 630 KBE/mL). Die Zahlen für Fäkalstreptokokken lagen im Zulauf zwischen 430.000 und  $3,4 \times 10^6$  KBE/100 mL (Median  $1,9 \times 10^6$  KBE/100 mL), im Ablauf zwischen 140 und  $6.100^3$  KBE/100 mL (Median



700 KBE/100 mL) (Abb. 30). Bei den Clostridien fanden sich für den Zulauf Konzentrationen zwischen 29.600 und 220.000 KBE/100 mL und im Ablauf zwischen 20 und 520 KBE/100 mL. Der Median im Zulauf lag bei 63.000 KBE/100 mL, im Ablauf bei 180 KBE/100 mL.

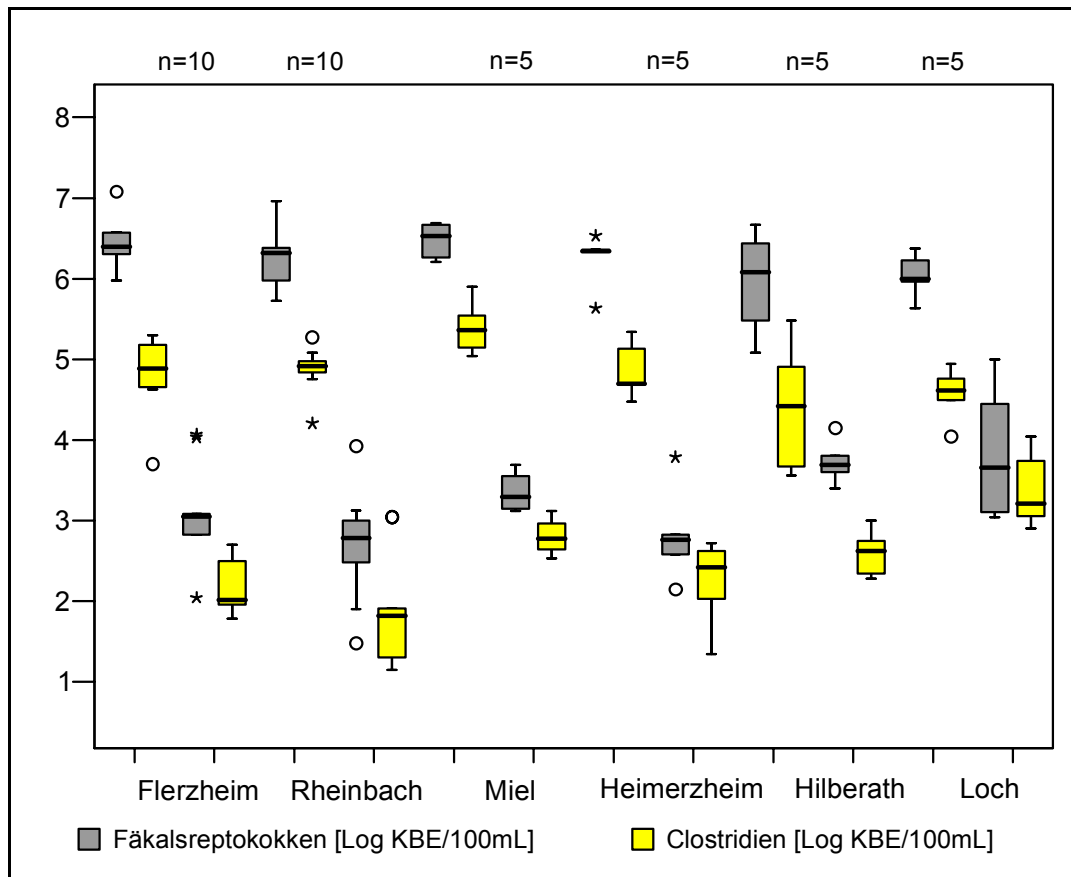


Abb. 30: Fäkalstreptokokken und Clostridien im Zulauf (Wertepaar links) und Ablauf (Wertepaar rechts) der untersuchten Kläranlagen

### Kläranlage Rheinbach (KA6)

Die *E. coli*-Werte des Zulaufs schwankten zwischen  $5,9 \times 10^6$  und  $1,79 \times 10^7$  KBE/100 mL, die des Ablaufs zwischen 90 und 21.700 KBE/100 mL (Abb. 28). Der Median im Zulauf lag bei  $1,0 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Ablauf bei 1.260 KBE/100 mL. Mittels des MPN-Verfahrens konnten im Zulauf coliforme Bakterien in Konzentrationen von  $4,3 \times 10^6$  bis  $9 \times 10^7$  KBE/100 mL nachgewiesen werden. Beim Ablauf schwankten die mit diesem Verfahren ermittelten Konzentrationen von 2.400 bis 46.000 KBE/100 mL. Der Median lag im Zulauf bei  $3,9 \times 10^7$  KBE/100 mL, im Ablauf bei 5.010 KBE/100 mL. Die Koloniezahlen des Zulaufs schwankten bei 20 °C zwischen 57.000 und  $2,65 \times 10^6$  KBE/mL, mit einem Median von

710.000 KBE/mL; im Ablauf wurden Konzentrationen von 200 bis 2.290 KBE/mL festgestellt, mit einem Median von 890 KBE/mL (Abb. 29). Bei 36 °C wurden Bakterien in Konzentrationen von 170.000 bis  $3,1 \times 10^6$  KBE/mL im Zulauf und im Ablauf von 70 bis 1.110 KBE/mL nachgewiesen. Der Median im Zulauf betrug 890.000 KBE/mL, im Ablauf 250 KBE/mL. Die Zahlen für Fäkalstreptokokken schwankten im Zulauf zwischen 530.000 und  $6,6 \times 10^6$  KBE/100 mL, im Ablauf zwischen 30 und 8.400 KBE/100 mL (Abb. 30). Im Zulauf lag der Median bei  $1,9 \times 10^6$  KBE/100 mL, im Ablauf wurden im Median 680 KBE/100 mL nachgewiesen. Bei den Clostridien ergaben sich für den Zulauf Konzentrationen zwischen 16.000 und 188.000 KBE/100 mL. Der Median betrug 81.000 KBE/100 mL. Die Werte für den Ablauf schwankten zwischen 10 und 1.100 KBE/100 mL. Hier betrug der Median 65 KBE/100 mL.

### 5.3 Reduktionsleistung für *Campylobacter* spp. der Kläranlagen

Bei sechs der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist wurden jeweils korrespondierend der Zulauf und der Ablauf beprobt. Dabei war das Probenahmeregime so konzipiert, dass die jeweilige Verweildauer des Abwassers in den Kläranlagen berücksichtigt wurde (vgl. Kapitel 4.2.1). Die Einzelergebnisse sind in den Abbildungen 31 - 33 dargestellt. Dabei wurden die Kläranlagen aufgrund ihrer Bauart und Ausbaugrades gruppiert. Die beiden größten Kläranlagen in Rheinbach und Flerzheim sind gleichzeitig auch am weitesten ausgebaut – sie verfügen über eine abschließende Sandfiltration des gereinigten Abwassers – und erhalten vorwiegend kommunales Abwasser (Kapitel 3.2).

Tab. 19: Reduktionsleistung (Log-Stufen) der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist für *Campylobacter*

|                | Reduktionsleistung   |                |
|----------------|----------------------|----------------|
|                | <i>Campylobacter</i> | <i>E. coli</i> |
| KA Flerzheim   | 3,11                 | 3,2            |
| KA Rheinbach   | 2,69                 | 3,6            |
| KA Heimerzheim | 3,5                  | 3,7            |
| KA Miel        | 2,8                  | 3,5            |
| KA Hilberath   | 2,25                 | 2,2            |
| KA Loch        | 1,75                 | 2,5            |

Die KA Flerzheim wies die höchsten Campylobacterkonzentrationen im Zulauf auf, mit  $10^7$  Campylobacter/100 mL, in der KA Rheinbach wurde diese Konzentration nur einmal im August 2000 erreicht (s. Abb. 31). Saisonale Unterschiede traten im Zulauf kaum auf. Im Oktober und November wurden die geringsten Konzentrationen im Zulauf gemessen, während des restlichen Untersuchungszeitraums waren die Konzentrationen jedoch recht homogen und schwankten um etwa zwei Log-Stufen. Im Ablauf der Kläranlagen wurden höchstens  $10^4$  Campylobacter/100 mL gemessen. Der niedrigste Wert im Ablauf lag bei 1 Campylobacter/100 mL und wurde ebenfalls im Oktober nachgewiesen. Die durchschnittlichen Konzentrationen lagen den Abläufen jedoch zwischen  $10^2$  und  $10^3$  Campylobacter/100 mL. Berechnet man die Reduktionsleistung der Anlagen, so ergab sich für die KA Flerzheim ein Wert von 3,11 Log-Stufen und für die KA Rheinbach 2,69 Log-Stufen (Tab. 19).

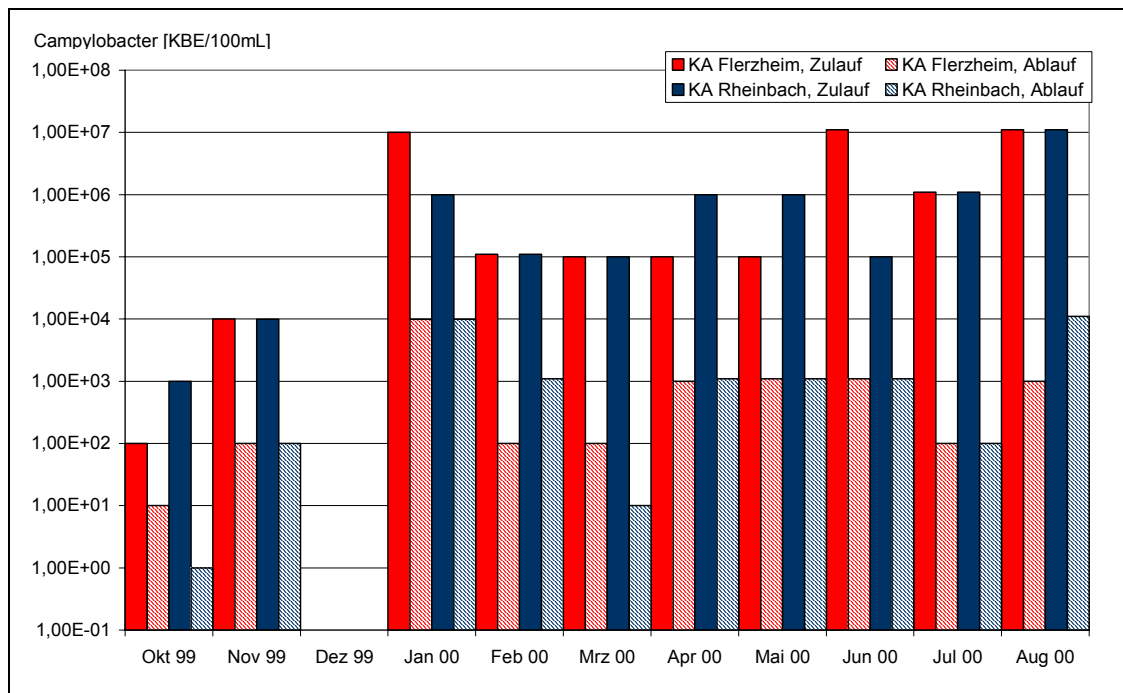


Abb. 31: Reduktion von Campylobacter in der Kläranlage Flerzheim (rot) und Rheinbach (blau) während des Untersuchungszeitraums

Die Kläranlagen in Heimerzheim und Miel sind gut ausgebaut und verfügen im Gegensatz zu den anderen Kläranlagen über Tropfkörper, mit denen eine zusätzliche Nährstoffreduktion im Abwasser erzielt werden soll. Die Reduktionsleistung dieser Anlagen war identisch mit der Reduktionsleistung der großen Anlagen (Tab. 19). Für die Kläranlage Heimerzheim betrug sie 3,5 Log-Stufen und für die Kläranlage Miel 2,8 Log-Stufen. Beim Zulauf der beiden Anlagen zeigte sich eine geringere Belastung der Anlagen mit Campylobacter, hier wurden  $10^4$ - $10^6$  Campylobacter/100 mL

nachgewiesen (Abb. 32). Im Ablauf der Anlagen fanden sich entsprechend der Reduktionsleistung Werte zwischen 1 und 1.000 Campylobacter/100 mL.

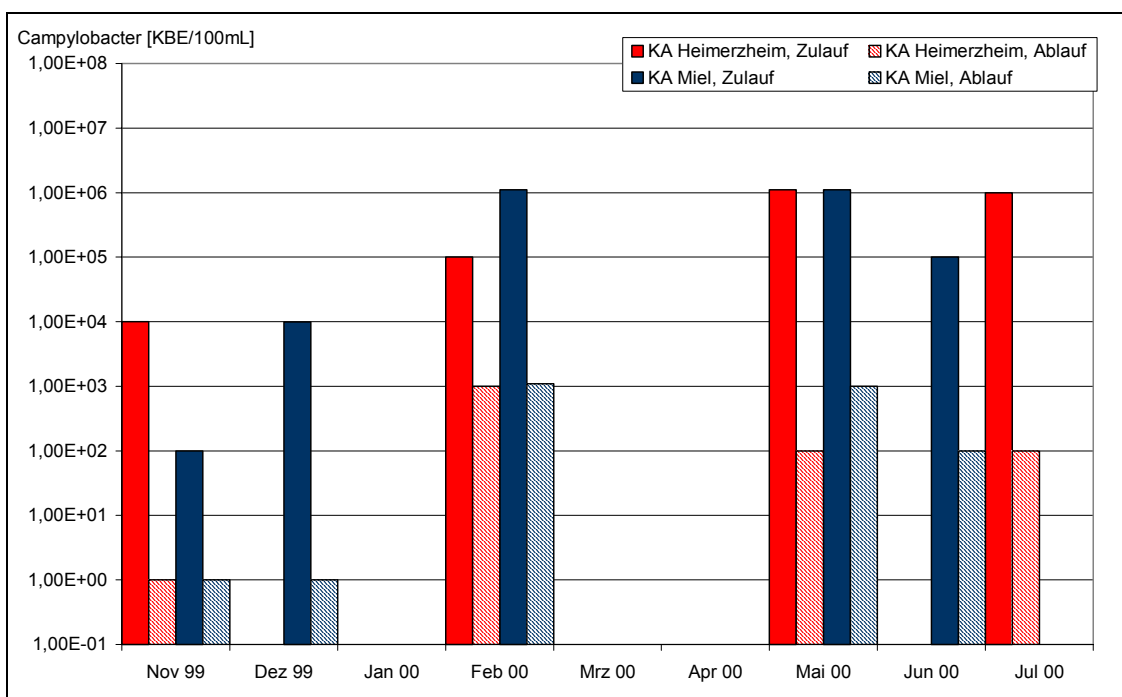


Abb. 32: Reduktion von Campylobacter in der Kläranlage Heimerzheim (rot) und Miel (blau) während des Untersuchungszeitraums

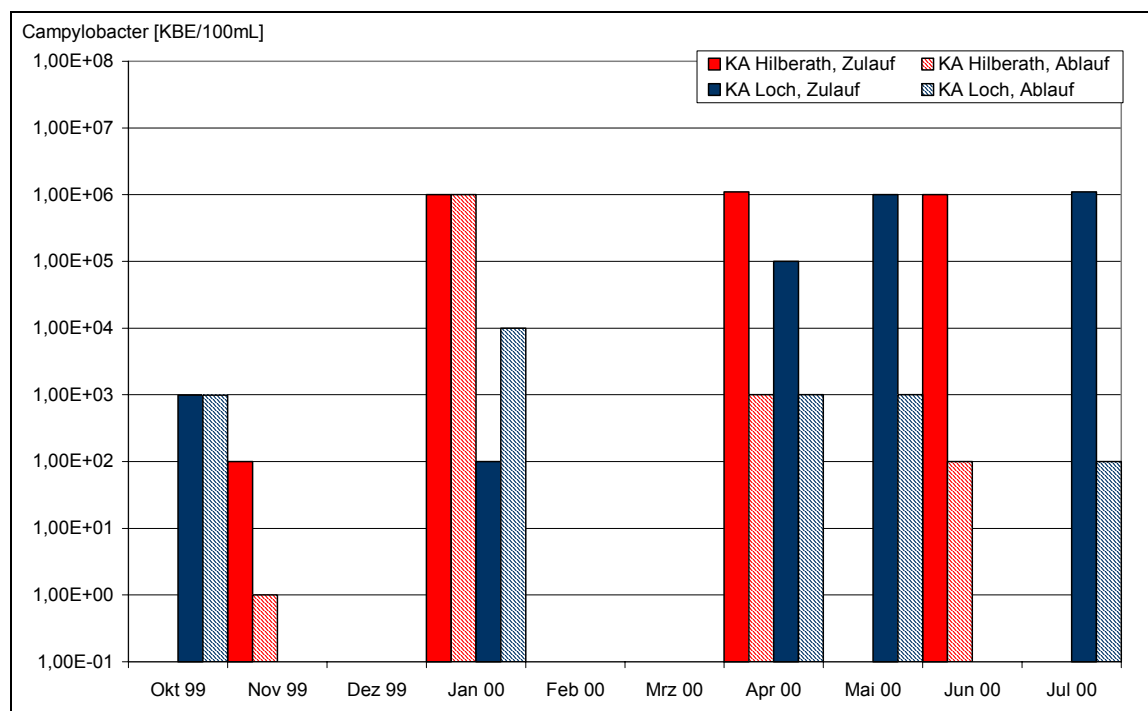


Abb. 33: Reduktion von Campylobacter in der Kläranlage Hilberath (rot) und Loch (blau) während des Untersuchungszeitraums

Die Kläranlagen in Hilberath und Loch sind für geringe Abwassermengen konzipiert worden. Es handelt sich in beiden Fällen um Anlagen, die ausschließlich kommunales Abwasser erhalten und die zur biologischen Abwasserreinigung über ein einzelnes Becken verfügen (vgl. Kapitel 3.2). In diesen Anlagen wurden im Rohabwasser Campylobacterkonzentrationen von  $10^2$  bis  $10^6$  Campylobacter/100 mL gemessen (Abb. 33). Eine Reduktion der Campylobacter fand teilweise nicht statt (Oktober, KA Loch und Januar Kläranlage Hilberath); einmalig wurden im Januar im Ablauf der KA Loch sogar mehr Campylobacter nachgewiesen als in der korrespondierenden Zulaufprobe (Abb. 33). Gemittelt konnte für diesen Anlagentyp eine Reduktion von 1,75 Log-Stufen (KA Loch), bzw. 2,25 Log-Stufen (KA Hilberath) festgestellt werden (Tab. 19). Im Vergleich zu den anderen Anlagentypen waren dies die geringsten Reduktionsleistungen.

## **5.4 Campylobacterkonzentrationen in Gewässern und Kläranlagenabflüssen bei Starkregenereignissen**

### **5.4.1 Fließgewässer ohne Kläranlagenbeeinflussung**

In den Einzugsgebieten des Nauholzbaches und der Kall finden sich keine Abwasserbehandlungsanlagen. Auftretende Niederschlagsereignisse führen zu vermehrtem oberflächlichem Abfluss und Interflow, zusätzliche Belastungen durch abgeschlagenes Mischwasser aus Regenüberlaufbecken finden jedoch nicht statt. Im Untersuchungszeitraum 1997/98 konnten vier Regenereignisse, je zwei an der Kall und am Nauholzbach, beprobt werden (Tab. 20). Während der beiden Ereignisse an der Kall wurden Campylobacter nachgewiesen. Beim Ereignis vom 12.2.1997 waren die Proben sehr stark mit Begleitflora kontaminiert, so dass nur einzelne Verdünnungsstufen auswertbar waren. Die Konzentration konnte deshalb nur auf  $>10$  KBE/100 mL spezifiziert werden. Das zweite Ereignis im März 1998 lieferte bessere Ergebnisse. Die Konzentrationen an Campylobacter stiegen im Verlauf der ersten sechs Stunden auf  $>100$  KBE/100 mL an und blieben für den Rest des Ereignisses konstant (Tab. 20).

Am Nauholzbach konnten Campylobacter nur während des ersten Ereignisses im Oktober 1997 nachgewiesen werden (Tab. 20). Auch hier stiegen die Bakterienkonzentrationen im Verlauf des Ereignisses an, innerhalb der ersten vier Stunden fanden sich 10 KBE/100 mL, bei der letzten Probenahme um 15:15 Uhr mehr als 100 KBE/100 mL. Während des Ereignisses im Dezember, ebenso wie während der Routineproben im Jahresverlauf, ließen sich im Nauholzbach keine Campylobacter nachweisen.

Tab. 20: *Campylobacter*konzentrationen während Starkregenereignissen an den Pegeln Kall und Nauholzbach

| Probenahmestelle         | Uhrzeit | Abfluss [l/s] | <i>Campylobacter</i><br>[ KBE/100mL] |
|--------------------------|---------|---------------|--------------------------------------|
| <b>Kall Pegel</b>        |         |               |                                      |
| 12. Feb 97               | 10:30   | 2629          | nicht bestimmt                       |
|                          | 12:30   | 2732          | 11                                   |
|                          | 14:30   | 2235          | 11                                   |
|                          | 15:30   | 2048          | 11                                   |
| 19. Mrz 97               | 13:30   | 1157          | 10                                   |
|                          | 15:30   | 1230          | 1                                    |
|                          | 17:30   | 1340          | 11                                   |
|                          | 19:30   | 1455          | 110                                  |
|                          | 21:30   | 1340          | 110                                  |
| <b>Nauholzbach Pegel</b> |         |               |                                      |
| 09. Okt 97               | 7:30    | 26            | 10                                   |
|                          | 11:15   | 19            | 10                                   |
|                          | 15:15   | 71            | 110                                  |
| 12. Dez 97               | 14:30   | 223           | 0                                    |
|                          | 16:30   | 258           | 0                                    |
|                          | 19:30   | 317           | 0                                    |
|                          | 22:30   | 190           | 0                                    |

Für die vier Ereignisse konnten der Abfluss des zurückliegenden Tages stündlich ermittelt werden. Es wird deutlich, dass beim ersten Ereignis am Nauholzbach drei Stunden vor der ersten Probenahme eine Abflussspitze auftrat (Abb. 34). Bei der letzten Probenahme um 15:00 Uhr war der Abfluss im Vergleich zu dem Wert eine Stunde vorher sprunghaft angestiegen. Dies wurde auch für die *Campylobacter* festgestellt, nicht aber für *E. coli*. Beim zweiten Ereignis wurden keine *Campylobacter* gemessen. Der Abfluss war deutlich höher als bei dem vorherigen Ereignis und der Scheitelpunkt der Wasserwelle wurde während der Probenahmen nicht erreicht (Abb. 34). Die *E. coli*-Konzentrationen schwankten während des Ereignisses gering zwischen 100 und 220 KBE/100mL. Der erste und letzte Messwert waren fast gleich.

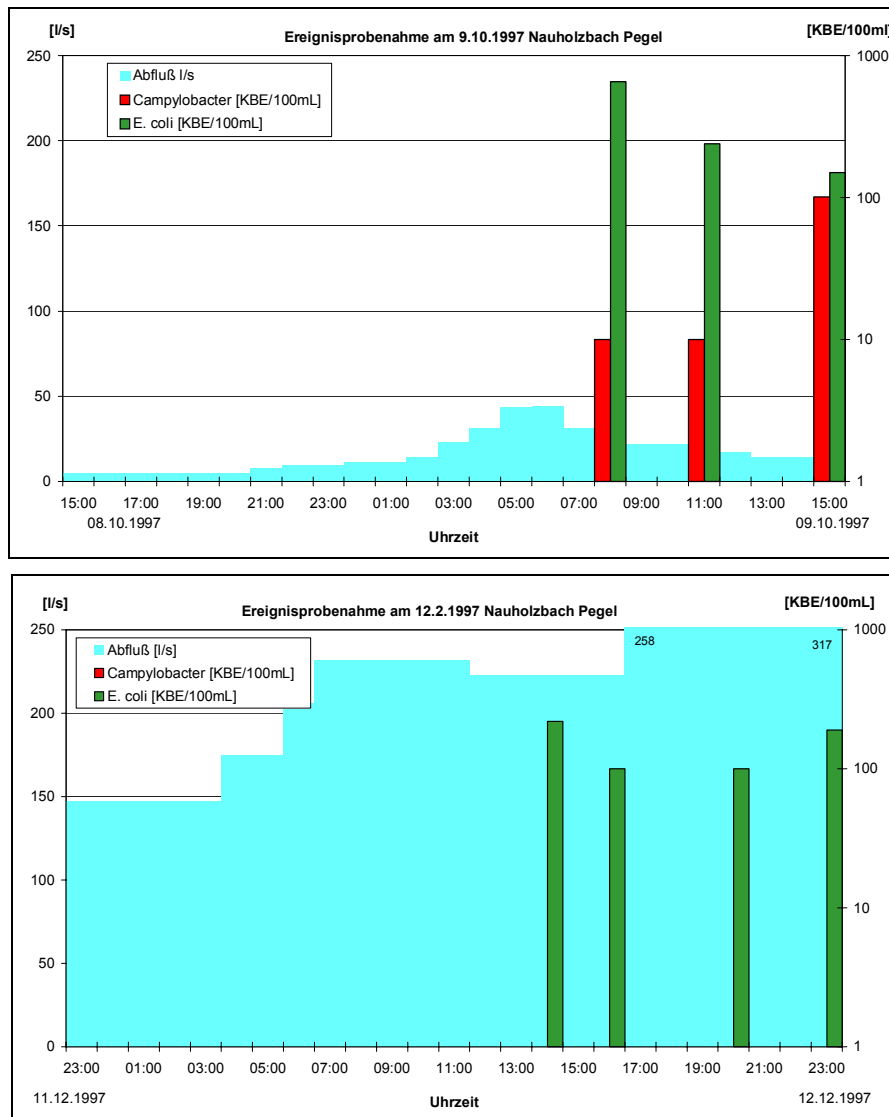


Abb. 34: Abfluss, Campylobacter und *E. coli* im Verlauf der Starkregenereignisse am Nauholzbach

An der Kall konnte die Campylobacterkonzentration während der ersten Probenahme des ersten erfassten Starkregenereignisse nicht bestimmt werden. Bei den folgenden Probenahmen war die Campylobacterkonzentration  $>10$  KBE/100 mL (Abb. 35). Während die *E. coli*-Konzentrationen den Verlauf des Abflusses widerspiegeln, konnte dies für die Campylobacter nicht belegt werden. Die *E. coli*-Konzentrationen sinken allerdings etwas früher als der Abfluss zurückgeht (Abb. 35). Beim zweiten erfassten Starkregenereignisse folgte die Probenahme dem Anstieg des Abflusses. Die letzte Probenahme war zu einem Zeitpunkt als der stärkste Abfluss zwei Stunden zurück lag. Die Campylobacter- und *E. coli*-Konzentrationen steigen im Verlauf des Ereignisses an und bleiben bei den letzten beiden Probenahmen konstant (Abb. 35). Auch bei diesem Ereignis verhält sich *E. coli* wie der Abfluss.

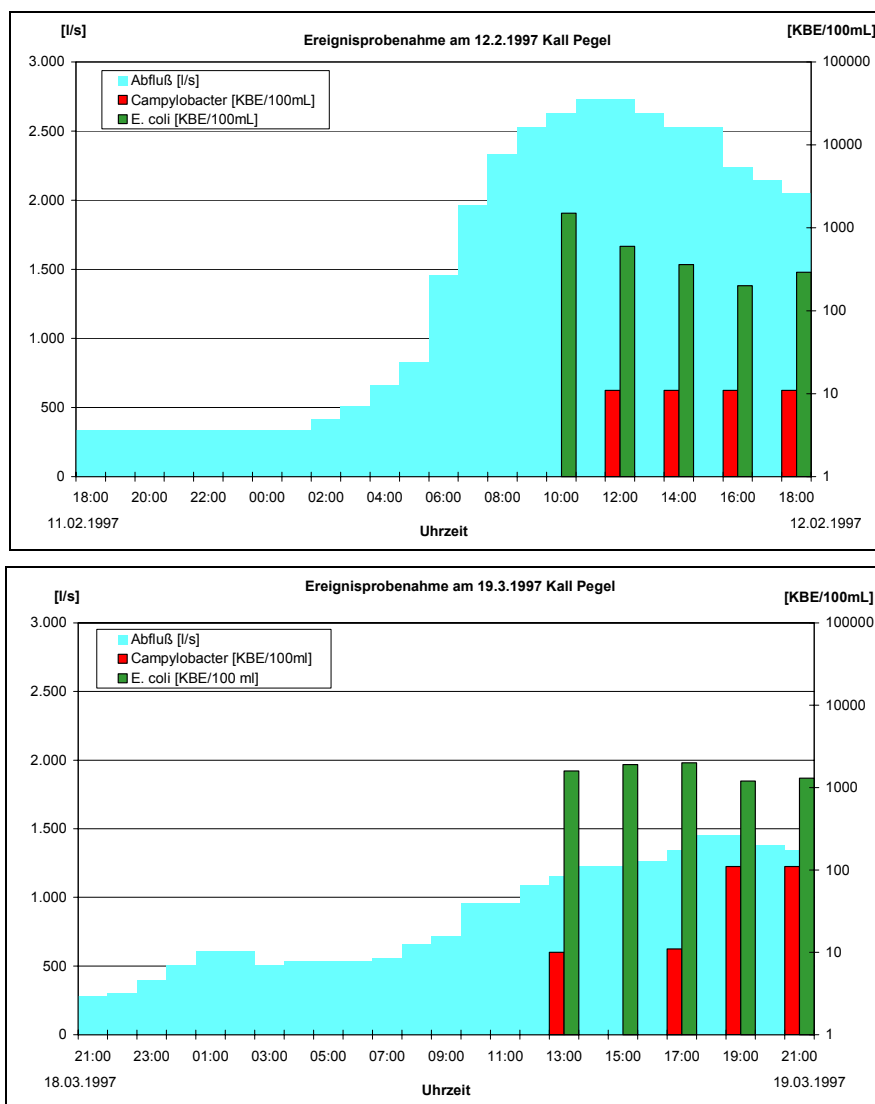


Abb. 35: Abfluss, Campylobacter und E. coli im Verlauf der Starkregeneignisse an der Kall

#### 5.4.2 Abschlagsereignisse an Kläranlagen

Im Einzugsgebiet der Swist wurden aus den bekannten Kläranlagen, deren Routinebetrieb untersucht worden war, zwei Anlagen ausgewählt, um die bakteriellen Einträge während Regenabschlagsereignissen zu untersuchen. Es wurde eine große Anlage (Kläranlage Flerzheim, KA1) mit zwei Regenüberlaufbecken (KA1R1, KA1R2) und eine kleine Kompaktanlage (Kläranlage Loch, KA4) mit einem Stauraumkanal (KA4R) beprobt.

Beprobte wurden an der Kläranlage Flerzheim 8 Regeneignisse. Während das erste Regenüberlaufbecken (RÜB1) jedes Mal abschlug, schlug RÜB 2 nur viermal ab. Im Gewässer unterhalb der Einleitung konnte eine Probe gewonnen werden, während der anderen Ereignisse versagte die Technik, trotz mehrmaliger Reparatur. Aus die-



sen Gründen konnte für die Stelle Swist unterhalb der Einleitung RÜB Flerzheim nur eine Probe dargestellt werden (Abb. 36). Die höchsten Konzentrationen im Abschlag aus RÜB 1 wurden am 3. Februar 2003 und am 18. August 2003 mit jeweils 1.000.000 KBE/100 mL *Campylobacter* festgestellt. Im Gewässer oberhalb waren zu diesen Zeitpunkten 100 KBE/100 mL (Februar), bzw. 100.000 KBE/100 mL (August) vorhanden.

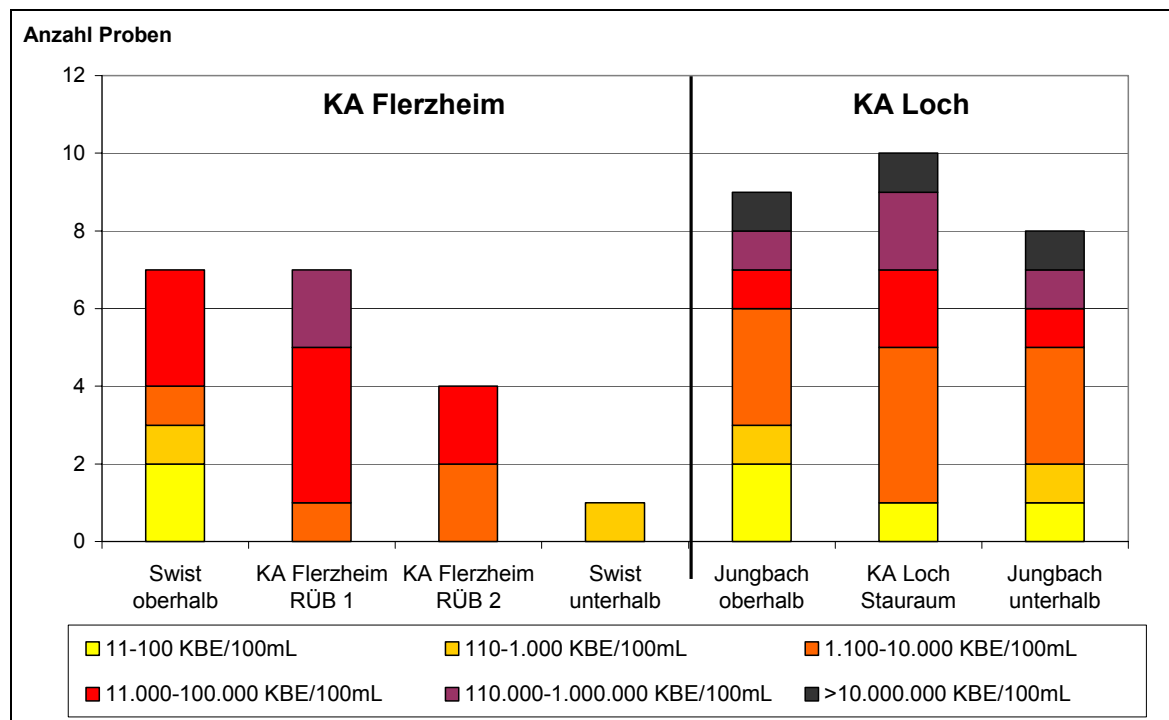


Abb. 36: Anzahl Proben mit bestimmten *Campylobacter*konzentrationen im Einzugsgebiet der Swist während Abschlagsereignissen an den RÜB Flerzheim und Loch und im Gewässer oberhalb und unterhalb der Einleitung

Drei Proben im Gewässer oberhalb der Einleitung enthielten *Campylobacter* in Konzentrationen von bis zu 1.000 KBE/100 mL. Eine Probe bis zu 10.000 KBE/100 mL, und die Konzentrationen in drei Proben wiesen Werte von bis zu 100.000 KBE/100 mL auf. Im RÜB 1 fanden sich in einer Probe Konzentrationen von bis zu 10.000 KBE/100 mL, in vier Proben lagen die Konzentrationen eine Log-Stufe darüber, und zwei Proben enthielten Konzentrationen im Bereich von 1.000.000 KBE/100 mL. Am RÜB 2 wurden vier Proben untersucht. Je zwei enthielten *Campylobacter* in Konzentrationen von 10.000 KBE/100 mL und 100.000 KBE/100 mL. Die einzige unterhalb der Einleitung gewonnene Probe enthielt *Campylobacter* in Konzentrationen von 1.000 KBE/100 mL und wurde am 29.12.2002 entnommen.

An der Kläranlage Loch wurden 10 Abschlagsereignisse beprobt (s. Abb. 36). Davon war an der Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage eine Probe nicht auswertbar, an der Probenahmestelle unterhalb zwei. Die höchsten Konzentrationen an allen drei Probenahmestellen traten am 1. August 2003 auf. Sowohl im Gewässer als auch im Abschlag des Stauraumkanals wurden  $>10.000.000$  KBE/100 mL *Campylobacter* gefunden. Zwei Abschlagsproben enthielten  $1.000.000$  KBE/100 mL und zwei bis zu  $100.000$  KBE/100 mL *Campylobacter*. Die restlichen 50 % der Proben ( $n=5$ ) enthielten bis zu  $10.000$  KBE/100 mL *Campylobacter*, davon eine Probe  $100$  KBE/100 mL am 6. März 2003. Im Gewässer unterhalb der Einleitung wurde in je einer Probe *Campylobacter* in Konzentrationen von  $100$  KBE/100 mL,  $1.000$  KBE/100 mL,  $1.000.000$  KBE/100 mL und  $100.000$  KBE/100 mL, sowie in drei Proben mit  $10.000$  KBE/100 mL nachgewiesen.

Im Gewässer oberhalb waren die Konzentrationen nahezu genauso verteilt wie unterhalb. Oberhalb der Einleitung des Stauraumkanals enthielten zwei Proben  $100$  KBE/100 mL. Bei drei Ereignissen war im Gewässer oberhalb der Einleitung weniger *Campylobacter* vorhanden als unterhalb, zweimal war die Situation umgekehrt und zweimal veränderte sich die Konzentration im Gewässer nicht. Die restlichen drei Ereignisse enthielten eine Probe oberhalb oder unterhalb, die nicht ausgewertet werden konnte, sodass keine Beurteilung von unterschieden vor oder nach der Einleitung des Stauraumkanals möglich ist.

## **5.5 Vorkommen hygienisch-mikrobiologischer Indikatorparameter in Gewässern und Kläranlagenabflüssen bei Regenereignissen**

### **5.5.1 Fließgewässer ohne Kläranlagenbeeinflussung**

Wie in Kapitel 5.4.1 beschrieben, wurden an der Kall und am Nauholzbach je zwei Regenereignisse beprobt. In Abb. 37 sind die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung dargestellt. Beim ersten Ereignis am Pegel Kall nahmen die Fäkalstreptokokken während des Ereignisses ab, von  $1.400$  KBE/100 mL auf  $130$  KBE/100 mL nach sieben Stunden. Beim zweiten Ereignis einen Monat später blieben die Konzentrationen über die sechs Stunden des Ereignisses nahezu konstant, sie sanken leicht von  $5.500$  KBE/100 mL auf  $4.500$  KBE/100 mL ab. Am Nauholzbach lagen die Konzentrationen an Fäkalstreptokokken zu Beginn des ersten Ereignisses bei  $620$  KBE/100 mL. Sie fielen innerhalb der nächsten vier Stunden auf  $270$  KBE/100 mL und blieben für den Rest des Ereignisses nahezu konstant ( $250$  KBE/100 mL).

Beim zweiten Ereignis am Nauholzbach war die erste entnommene Probe nicht auswertbar für Fäkalstreptokokken. Zwei Stunden später lag die Konzentration bei 130 KBE/100 mL, verringerte sich zunächst auf 110 KBE/100 mL, um dann gegen Ende des Ereignisses einen Wert von 70 KBE/100 mL zu erreichen.

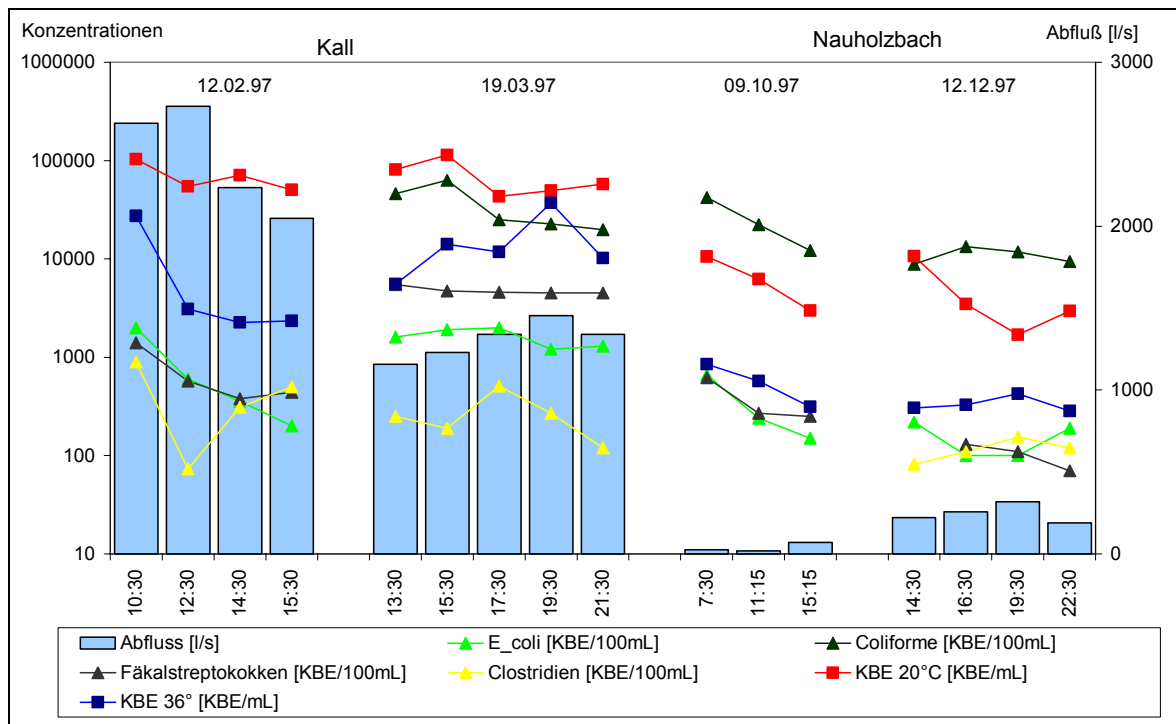


Abb. 37: Konzentrationen verschiedener bakterieller Parameter während vier Regenereignissen am Pegel Kall (12.2. und 19.3.) und Pegel Nauholzbach (9.10. und 12.12.)

Die *E. coli*-Konzentration am Pegel Kall fiel während des ersten Ereignisses innerhalb der ersten fünf Stunden, von 2.000 KBE/100 mL auf 200 KBE/100 mL, danach stieg die Konzentration wieder leicht an (290 KBE/100 mL). Beim zweiten Ereignis blieben die Werte nahezu konstant. Sie bewegten sich innerhalb einer Logstufe zwischen 1.200 (19:30 Uhr) und 2.000 KBE/100 mL (17:30 Uhr). Am Nauholzbach sanken die *E. coli*-Konzentrationen während des ersten Ereignisses konstant ab. Ausgehend von 650 KBE/100 mL erreichten sie nach mehr als sieben Stunden 150 KBE/100 mL. Während des zweiten Ereignisses fiel die Konzentration nach zwei Stunden von 220 KBE/100 mL auf 100 KBE/100 mL ab, blieb dann mit 100 KBE/100 mL konstant und stieg zum Ende des Ereignisses wieder auf 190 KBE/100 mL an.

Coliforme Bakterien wurden während des ersten Ereignisses an der Kall aus labor-technischen Gründen nicht untersucht. Während des zweiten Ereignisses stieg die Konzentration zunächst von 46.000 auf 63.000 KBE/100 mL an, fiel innerhalb der

nächsten zwei Stunden jedoch auf 25.100 KBE/100 mL und verringerte sich in den nächsten vier Stunden zunächst auf 22.700 KBE/100 mL und schließlich auf 19.800 KBE/100 mL. Am Nauholzbach verringerten sich die coliformen Bakterien im Laufe des Ereignisses pro Probenahme um jeweils etwa 46 %, von 42.000 KBE/100 mL auf 22.300 KBE/100 mL und zuletzt 12.200 KBE/100 mL. Während des zweiten Ereignisses stieg die Konzentration von 8.800 KBE/100 mL auf 13.300 KBE/100 mL, um im weiteren Verlauf von 11.800 auf 9.400 KBE/100 mL zu sinken.

Die Clostridienkonzentration betrug bei der ersten Probenahme während des ersten Ereignisses an der Kall 900 KBE/100 mL. Sie sank innerhalb der nächsten zwei Stunden auf 73 KBE/100 mL ab, um dann über den restlichen Ereignisverlauf zwischen 240 und 500 KBE/100 mL zu pendeln. Während des zweiten Ereignisses stieg die Konzentrationen innerhalb der ersten vier Stunden von 250 auf 510 KBE/100 mL an, und sank während der folgenden vier Stunden auf 120 KBE/100 mL ab. Am Nauholzbach wurde während des ersten Ereignisses in keiner Probe Clostridien nachgewiesen. Beim zweiten Ereignis stieg die Clostridienkonzentration von 82 KBE/100 mL zu Beginn des Ereignisses auf 155 KBE/100 mL innerhalb der nächsten fünf Stunden an, während der folgenden drei Stunden sank die Konzentration auf 120 KBE/100 mL.

Die allgemeine Koloniezahl bei 20 °C verlief während des ersten Ereignisses an der Kall, nachdem die Konzentration von anfangs 103.000 KBE/mL auf 54.800 KBE/mL gesunken war, im restlichen Verlauf des Ereignisses relativ gleichförmig. Sie stieg auf 71.000 KBE/mL an, fiel auf 50.500 und erreichte nach fünf Stunden einen Wert von 64.000 KBE/mL. Ähnlich verlief die Konzentration der Koloniezahl bei 36 °C. Sie fiel von 27.400 KBE/mL auf 3.100 KBE/mL und pendelte sich bei 2.300 KBE/mL ein. Während des zweiten Ereignisses erfolgte für die Koloniezahl bei 20 °C in den ersten zwei Stunden ein Anstieg von 81.000 KBE/mL auf 114.000 KBE/mL; danach fiel die Konzentration auf 43.200 KBE/mL und pendelte sich bei ca. 50.000 KBE/mL ein. Die Koloniezahl bei 36 °C stieg von 5.550 KBE/mL zu Beginn des Ereignisses auf 37.000 KBE/mL nach sechs Stunden an und fiel danach auf 10.200 KBE/mL ab. Am Nauholzbach fiel die Konzentration für die allgemeine Koloniezahl bei 20 °C während des Ereignisses stetig ab (10.600 KBE/mL auf 2.970 KBE/mL). Gleiches galt für die Koloniezahl bei 36 °C (850 KBE/mL auf 315 KBE/mL). Beim zweiten Ereignis sank die Konzentration von 10.630 KBE/mL innerhalb der ersten fünf Stunden auf 1.700 KBE/mL, stieg bei der letzten Probenahme jedoch wieder auf 2.960 KBE/L an.

Die Koloniezahl bei 36 °C stieg zunächst leicht an, von 305 auf 426 KBE/mL und sank dann auf 285 KBE/mL.

### 5.5.2 Abschlagsereignisse an Kläranlagen

An der Kläranlage Flerzheim wurden 8 Ereignisse beprobt. Die Ergebnisse der hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparameter sind in Abb. 38 dargestellt.

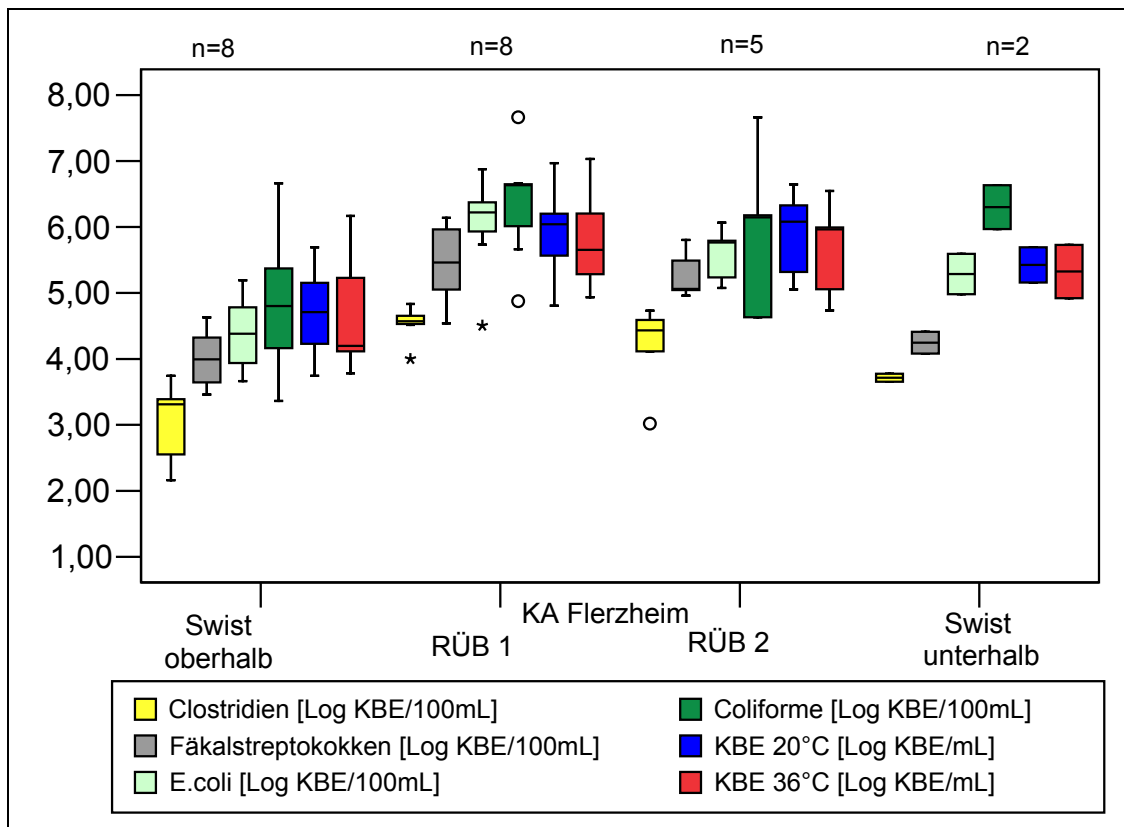


Abb. 38: Bakterienkonzentrationen in der Swist vor und nach Einleitung des Kläranlagenabschlages aus den Regenüberlaufbecken (RÜB1, RÜB2) der Kläranlage Flerzheim

Von allen untersuchten Parametern wurden im Median vor der Einleitung der Kläranlage geringere Konzentrationen gefunden als im Gewässer nach Einleitung der Kläranlage (Abb. 38). Noch höhere Konzentrationen waren in dem Abschlagswasser der Regenüberlaufbecken vorhanden (RÜB1 und RÜB2). Gleiches gilt für die Kläranlage Loch, wo ebenfalls vor der Einleitung weniger Bakterien vorhanden waren, als hinterher (Abb. 39). Fäkalstreptokokken wurden in der Swist bei Regenereignissen in Konzentrationen von mindestens 2.800 KBE/100 mL bis maximal 42.000 KBE/100 mL gefunden, im Median bei 10.000 KBE/100 mL. In den Regenüberlaufbecken waren Konzentrationen von 100.000 KBE/100 mL (RÜB2) bis 250.000 KBE/100 mL (RÜB1) vorhanden. Unterhalb der Einleitung der RÜB der Kläranlage Flerzheim fanden sich 12.070 und 25.800 KBE/100 mL. *E. coli* fand sich

im Gewässer im Median in Konzentrationen von 25.000 KBE/100 mL, aus den Regenüberlaufbecken wurden Konzentrationen von 260.000 KBE/100 mL (RÜB1) und 130.000 KBE/100 mL (RÜB2) im Median abgeschlagen. Unterhalb der Einleitung fanden sich dann 391.000 und 95.500 KBE/100 mL. Coliforme Bakterien wurden im Gewässer vor der Einleitung und in den Regenüberlaufbecken in Konzentrationen etwa eine halbe Logstufe höher als *E. coli* gefunden (Swist oberhalb: 630.000 KBE/100 mL, RÜB1:  $4,46 \times 10^6$  KBE/100 mL, RÜB2:  $1,1 \times 10^6$  KBE/100 mL). Im Gewässer unterhalb der Einleitung war der Unterschied zwischen *E. coli* und den coliformen Bakterien deutlicher. Hier wurden 930.000 und  $4,3 \times 10^6$  KBE/100 mL coliforme Bakterien und damit eine Logstufe mehr als *E. coli* nachgewiesen. Clostridien wurden im Gewässer vor der Einleitung in Konzentrationen von 2.300 KBE/100 mL im Median nachgewiesen. Nach der Einleitung aus der Kläranlage wurden 5.950 und 4.500 KBE/100 mL nachgewiesen. Aus den Kläranlagen wurden im Median 35.500 (RÜB1), bzw. 19.000 KBE/100 mL (RÜB2) abgeschlagen. Auffallend ist die geringe Höhe der Boxplots der Clostridien in den beiden RÜB. Dies zeigt, dass die ermittelten Konzentrationen an Clostridien bei allen Ereignissen im Abschlag der RÜB ähnlich war. Die allgemeine Koloniezahl, sowohl bei 20 °C als auch bei 36 °C ermittelt, weist starke Schwankungen auf. An allen untersuchten Stellen liegt jedoch der ermittelte Median für die Koloniezahl bei 36 °C unter der Koloniezahl bei 20 °C. Im Gewässer stieg die Koloniezahl 20 °C von 56.000 KBE/mL auf 490.000, bzw. 144.000 KBE/mL an. Aus den Regenüberlaufbecken wurden aus RÜB1 800.000 KBE/mL und aus RÜB2 950.000 KBE/mL abgeschlagen. Die KBE 36 °C stieg von 14.000 KBE/mL auf 530.000, bzw. 83.600 KBE/mL unterhalb der Einleitung an. Im Abschlag der Regenüberlaufbecken wurden 450.000 KBE/mL im RÜB1 und 710.000 KBE/mL im RÜB2 gemessen.

An der Kläranlage Loch wurden insgesamt 10 Ereignisse beprobt (Abb. 39). Aus dem Stauraumkanal wurden im Median 100.000 KBE/100 mL Fäkalstreptokokken abgeschlagen. Im Gewässer war die Fäkalstreptokokkenkonzentration mit 56.000 KBE/100 mL unterhalb der Einleitung der Kläranlage höher als oberhalb (20.000 KBE/100 mL). *E. coli* fand sich unterhalb der Einleitung in Konzentrationen von 280.000 KBE/100 mL. Oberhalb der Einleitung wurden 63.000 KBE/100 mL und im Abschlagswasser eine Logstufe höhere Konzentrationen (630.000 KBE/100 mL) nachgewiesen. Noch höhere Konzentrationen fanden sich an coliformen Bakterien. Im Abschlag der Kläranlage wurden  $1,7 \times 10^6$  KBE/100 mL gemessen. Während oberhalb der Einleitung 500.000 KBE/100 mL coliforme Bakterien im Gewässer vorhan-

den waren, enthielten die unterhalb der Einleitung entnommenen Proben  $1,5 \times 10^6$  KBE/100 mL.

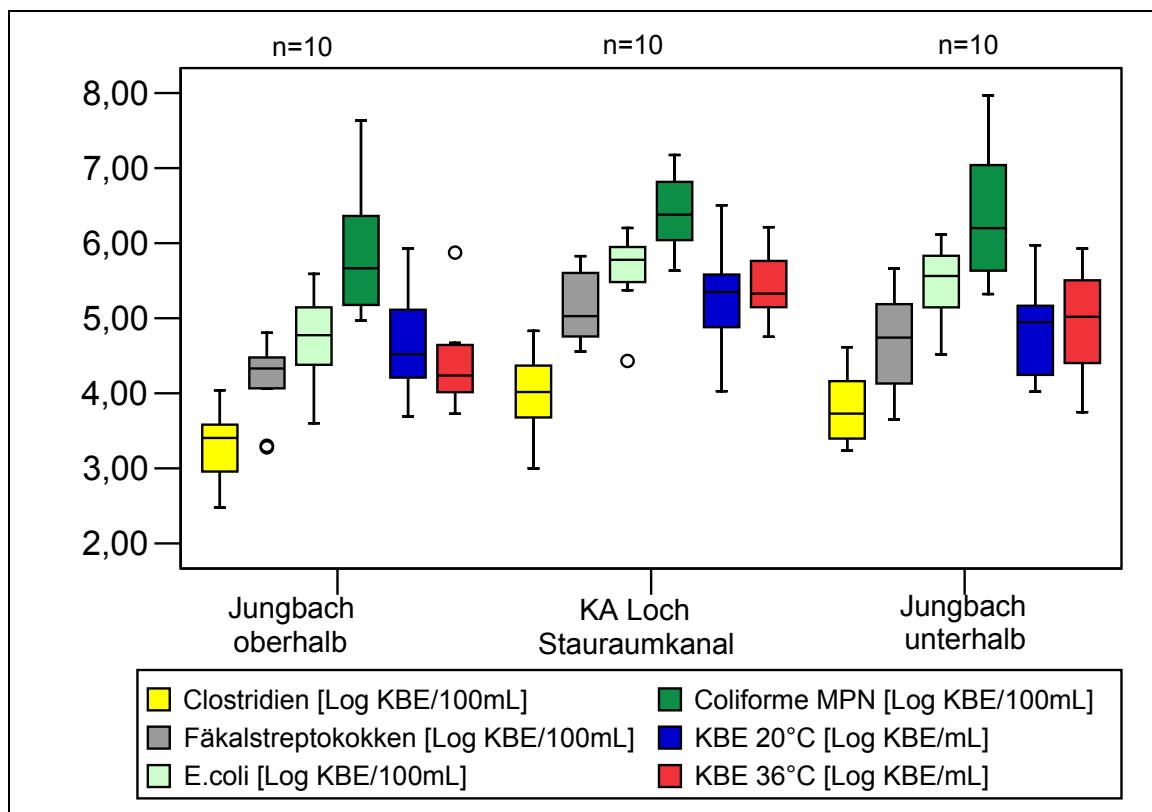


Abb. 39: Bakterienkonzentrationen in der Swist oberhalb und unterhalb der Einleitung des Abflages aus dem Stauraumkanal der Kläranlage Loch

Clostridien fanden sich zwar in geringeren Konzentrationen im Gewässer als die vorher genannten Parameter, aber auch hier ist der Anstieg der Konzentrationen unterhalb der Einleitung mit 4.000 KBE/100 mL im Gegensatz zu 2.500 KBE/100 mL oberhalb der Einleitung sichtbar. Aus dem Stauraumkanal wurden im Median 8.900 KBE/100 mL Clostridien abgeschlagen. Die Koloniezahlen bei 20 °C und 36 °C unterschieden sich im Median im Abschlag und unterhalb der Einleitung nur gering. Oberhalb der Einleitung wurden 32.000 KBE/mL (20 °C) und 14.200 KBE/mL (36 °C) gemessen. Aus der Kläranlage wurden 160.000 KBE/mL (20 °C) und 140.000 KBE/mL (36 °C) abgeschlagen. Unterhalb der Einleitung fanden sich dann 85.000 KBE/mL Koloniezahlen bei 20 °C und 93.000 KBE/mL Koloniezahlen bei 36 °C.

## 5.6 Korrelationen zwischen Campylobacter und Indikatorparametern in den Fließgewässern

Aus statistischer Sicht ist eine Korrelation der Campylobacter an der Probenahmestelle Nauholzbach Pegel mit anderen Parametern nicht möglich, da in diesem Gewässer unter normalen Bedingungen nur einmalig Campylobacter nachgewiesen wurden. An den anderen Probenahmestellen der untersuchten Einzugsgebiete sind die Werte der Hauptkorrelationsvariablen teilweise gleich und untereinander gebunden. Aus diesem Grund wurde neben der Rangkorrelation nach Spearman auch der Korrelationskoeffizient  $\tau_b$  nach Kendall bestimmt.  $\tau_b$  berücksichtigt auftretende Bindungen und vermeidet die Überschätzung der Korrelation. Deutlich wird dies in Tab. 21 bei der Betrachtung der Korrelationskoeffizienten von Campylobacter und *E. coli* an der Stelle Kall Pegel. Beide Korrelationskoeffizienten sind hoch signifikant, auch wenn die Probenanzahl ( $n$ ) mit 29 relativ klein ist. Während der Koeffizient nach Spearman 0,522 beträgt und somit eine mittlere Korrelationsstärke gegeben ist, beträgt der um Bindungseffekte bereinigte Koeffizient nach Kendall 0,419 und zeigt eine geringe Korrelationsstärke an.

### 5.6.1 Korrelationen von Campylobacter mit hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern

Korrelationen zwischen Campylobacter und hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern bestehen, jedoch nicht einheitlich für alle Einzugsgebiete. Betrachtet man den Korrelationskoeffizient nach Spearman, dann korrelieren im Einzugsgebiet der Kall Campylobacter hoch signifikant ( $p < 0,00001$ ) mit dem Nachweis von *E. coli*, Fäkalstreptokokken, allgemeiner Koloniezahl (KBE) bei 20 °C und 36 °C (Tab. 21), wobei jeweils eine mittlere Korrelationsstärke vorliegt. Am Wahnbach lassen sich keine signifikanten Korrelationen zwischen Campylobacter und hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern zeigen. An der Swist korrelieren die Campylobacter höchst signifikant ( $p < 0,00001$ ) mit den Indikatorparametern, die Stärke der Korrelation ist aber gering, mit Ausnahme des Parameters KBE bei 36 °C bei dem eine mittelstarke Korrelation gegeben ist.

Wendet man den Korrelationskoeffizienten nach Kendall an, ist eine Korrelation in den Einzugsgebieten der Kall und der Swist höchst signifikant gegeben, die Stärke der Korrelation ist jedoch gering. Am Wahnbach werden aufgrund der geänderten Korrelationsberechnung keine Änderungen festgestellt (Tab. 21).

Hingegen finden sich mittlere bis hohe Korrelationen für Campylobacter mit allen untersuchten hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern ( $\rho = 0,64 - 0,776$ ) an



den Probenahmestellen entlang des Jungbach, einem Nebengewässer der Swist (Tab. 21). Wendet man den Korrelationskoeffizienten nach Kendall an, um eventuell bestehende Bindungen abzuschwächen, bleiben die Korrelationen von *Campylobacter* mit den untersuchten Parametern in diesem Teileinzugsgebiet mit mittlerem Bereich ( $\tau_b = 0,499 - 0,633$ ).

Tab. 21: Korrelationskoeffizienten von *Campylobacter* mit hygienisch-mikrobiologischen Indikatorparametern in verschiedenen Gewässern

| Korrelationen von <i>Campylobacter</i> mit |                         | <i>E. coli</i><br>(KBE/100 mL) | Coliforme<br>(KBE/100 mL) | Fäkalstreptokokken<br>(KBE/100 mL) | Clostridien<br>(KBE/100 mL) | KBE 20°C<br>(KBE/mL) | KBE 36°C<br>(KBE/mL) |
|--|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Kall</b>                                |                         |                                |                           |                                    |                             |                      |                      |
| Kendall-Tb                                 | Korrelationskoeffizient | 0,423                          | 0,235                     | 0,412                              | 0,374                       | 0,399                | 0,369                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | 0,007                     | <0,00001                           | <0,00001                    | <0,00001             | <0,00001             |
| Spearman $\rho$                            | Korrelationskoeffizient | 0,545                          | 0,314                     | 0,542                              | 0,485                       | 0,538                | 0,504                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | 0,006                     | <0,00001                           | <0,00001                    | <0,00001             | <0,00001             |
| N  |                         | 76                             | 76                        | 76                                 | 76                          | 76                   | 76                   |
| <b>Wahnbach</b>                            |                         |                                |                           |                                    |                             |                      |                      |
| Kendall-Tb                                 | Korrelationskoeffizient | 0,299                          | 0,191                     | 0,297                              | 0,331                       | 0,219                | 0,311                |
|  | Sig. (2-seitig)         | 0,039                          | 0,187                     | 0,040                              | 0,022                       | 0,129                | 0,032                |
| Spearman $\rho$                            | Korrelationskoeffizient | 0,366                          | 0,264                     | 0,374                              | 0,409                       | 0,298                | 0,406                |
|  | Sig. (2-seitig)         | 0,047                          | 0,158                     | 0,041                              | 0,025                       | 0,110                | 0,026                |
| N  |                         | 30                             | 30                        | 30                                 | 30                          | 30                   | 30                   |
| <b>Swist</b>                               |                         |                                |                           |                                    |                             |                      |                      |
| Kendall-Tb                                 | Korrelationskoeffizient | 0,308                          | 0,199                     | 0,211                              | 0,143                       | 0,299                | 0,386                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | 0,014                     | 0,008                              | 0,077                       | <0,00001             | <0,00001             |
| Spearman $\rho$                            | Korrelationskoeffizient | 0,415                          | 0,270                     | 0,280                              | 0,193                       | 0,405                | 0,525                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | 0,013                     | 0,010                              | 0,080                       | <0,00001             | <0,00001             |
| N  |                         | 85,000                         | 84,000                    | 84,000                             | 83,000                      | 85,000               | 85                   |
| <b>Sürstbach</b>                           |                         |                                |                           |                                    |                             |                      |                      |
| Kendall-Tb                                 | Korrelationskoeffizient | 0,558                          | 0,509                     | 0,499                              | 0,559                       | 0,562                | 0,633                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | <0,00001                  | <0,00001                           | <0,00001                    | <0,00001             | <0,00001             |
| Spearman $\rho$                            | Korrelationskoeffizient | 0,711                          | 0,640                     | 0,662                              | 0,715                       | 0,712                | 0,776                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | <0,00001                  | <0,00001                           | <0,00001                    | <0,00001             | <0,00001             |
| N  |                         | 41                             | 41                        | 39                                 | 41                          | 41                   | 41                   |
| <b>Alle Probenahmestellen</b>              |                         |                                |                           |                                    |                             |                      |                      |
| Kendall-Tb                                 | Korrelationskoeffizient | 0,544                          | 0,462                     | 0,502                              | 0,506                       | 0,439                | 0,538                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | <0,00001                  | <0,00001                           | <0,00001                    | <0,00001             | <0,00001             |
| Spearman $\rho$                            | Korrelationskoeffizient | 0,712                          | 0,619                     | 0,659                              | 0,663                       | 0,594                | 0,706                |
|  | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                       | <0,00001                  | <0,00001                           | <0,00001                    | <0,00001             | <0,00001             |
| N  |                         | 394                            | 391                       | 391                                | 386                         | 394                  | 394                  |

Anmerkung: Zur besseren Übersichtlichkeit sind Korrelationskoeffizienten, die mindestens eine mittlere Stärke anzeigen grau unterlegt

Analysiert man die Ergebnisse aus allen Einzugsgebieten einschließlich des Nauholzaches, dann finden sich nach Kendall mittlere Korrelationen von *Campylobacter* mit *E. coli*, Fäkalstreptokokken, Clostridien und der KBE bei 36 °C. Das Spearman  $\rho$  beträgt für die Korrelation von *Campylobacter* und *E. coli*, bzw. der KBE bei 36 °C über 0,7 und zeigt höchst signifikant ( $p < 0,00001$ ) eine hohe Stärke der Korrelation dieser Parameter an.

## 5.6.2 Korrelationen von Campylobacter mit chemisch-physikalischen Parametern

Am Wahnbach und an der Swist konnten keine signifikanten Korrelationen zwischen Campylobacter und den untersuchten chemisch-physikalischen Parametern gefunden werden (Tab. 22).

Tab. 22: Korrelation von Campylobacter in den Gewässern mit chemisch-physikalischen Parametern

|                                   |                         | Wasser-<br>Temperatur(°C) | Trübung      | pH            | Ammonium<br>(mg/l) | Nitrit<br>(mg/l) | Nitrat<br>(mg/l) | Phosphat<br>(mg/l) | Sauerstoff<br>(mg/l) |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Kall Pegel</b>                 |                         |                           |              |               |                    |                  |                  |                    |                      |
| Kendall-Tb                        | Korrelationskoeffizient | 0,102                     | <b>0,614</b> | -0,359        | 0,473              | 0,378            | -0,159           | 0,297              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | 0,482                     | <0,00001     | 0,015         | 0,003              | 0,018            | 0,269            | 0,069              | n.u.                 |
| Spearman ρ                        | Korrelationskoeffizient | 0,159                     | <b>0,778</b> | -0,427        | <b>0,559</b>       | 0,442            | -0,192           | 0,315              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | 0,409                     | <0,00001     | 0,021         | 0,002              | 0,016            | 0,318            | 0,096              | n.u.                 |
| N                                 |                         | 29                        | 29           | 29            | 29                 | 29               | 29               | 29                 | n.u.                 |
| <b>Gesamtes Kalleinzugsgebiet</b> |                         |                           |              |               |                    |                  |                  |                    |                      |
| Kendall-Tb                        | Korrelationskoeffizient | 0,066                     | 0,462        | -0,188        | 0,433              | 0,343            | 0,036            | 0,255              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | 0,447                     | <0,00001     | 0,034         | <0,00001           | <0,00001         | 0,681            | 0,011              | n.u.                 |
| Spearman ρ                        | Korrelationskoeffizient | 0,085                     | <b>0,609</b> | -0,243        | <b>0,510</b>       | 0,409            | 0,047            | 0,282              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | 0,464                     | <0,00001     | 0,035         | <0,00001           | <0,00001         | 0,687            | 0,014              | n.u.                 |
| N                                 |                         | 76                        | 76           | 76            | 76                 | 76               | 76               | 76                 | n.u.                 |
| <b>Wahnbach Pegel</b>             |                         |                           |              |               |                    |                  |                  |                    |                      |
| Kendall-Tb                        | Korrelationskoeffizient | 0,268                     | 0,300        | 0,036         | 0,044              | -0,044           | -0,340           | 0,163              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | 0,067                     | 0,039        | 0,812         | 0,777              | 0,767            | 0,019            | 0,281              | n.u.                 |
| Spearman ρ                        | Korrelationskoeffizient | 0,349                     | 0,377        | 0,042         | 0,063              | -0,065           | -0,381           | 0,202              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | 0,058                     | 0,040        | 0,824         | 0,745              | 0,735            | 0,038            | 0,284              | n.u.                 |
| N                                 |                         | 30                        | 30           | 30            | 29                 | 30               | 30               | 30                 | n.u.                 |
| <b>Swist</b>                      |                         |                           |              |               |                    |                  |                  |                    |                      |
| Kendall-Tb                        | Korrelationskoeffizient | 0,327                     | 0,267        | -0,155        | 0,168              | -0,100           | -0,102           | 0,108              | -0,144               |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                  | 0,002        | 0,055         | 0,103              | 0,311            | 0,276            | 0,257              | 0,124                |
| Spearman ρ                        | Korrelationskoeffizient | 0,483                     | 0,366        | -0,213        | 0,212              | -0,126           | -0,147           | 0,150              | -0,198               |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                  | 0,001        | 0,055         | 0,098              | 0,327            | 0,254            | 0,245              | 0,122                |
| N                                 |                         | 80                        | 73           | 82            | 62                 | 62               | 62               | 62                 | 62                   |
| <b>Sürstbach</b>                  |                         |                           |              |               |                    |                  |                  |                    |                      |
| Kendall-Tb                        | Korrelationskoeffizient | 0,497                     | 0,281        | <b>-0,533</b> | 0,283              | 0,236            | -0,315           | 0,328              | <b>-0,549</b>        |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                  | 0,035        | <0,00001      | 0,016              | 0,044            | 0,006            | 0,005              | <0,00001             |
| Spearman ρ                        | Korrelationskoeffizient | <b>0,664</b>              | 0,377        | <b>-0,711</b> | 0,378              | 0,318            | -0,451           | 0,437              | <b>-0,696</b>        |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                  | 0,036        | <0,00001      | 0,015              | 0,043            | 0,003            | 0,004              | <0,00001             |
| N                                 |                         | 38                        | 31           | 38            | 41                 | 41               | 41               | 41                 | 35                   |
| <b>Alle Probenahmestellen</b>     |                         |                           |              |               |                    |                  |                  |                    |                      |
| Kendall-Tb                        | Korrelationskoeffizient | 0,333                     | 0,286        | 0,054         | 0,413              | 0,219            | -0,326           | 0,422              | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                  | <0,00001     | 0,138         | <0,00001           | <0,00001         | <0,00001         | <0,00001           | n.u.                 |
| Spearman ρ                        | Korrelationskoeffizient | 0,469                     | 0,394        | 0,079         | <b>0,541</b>       | 0,305            | -0,444           | <b>0,551</b>       | n.u.                 |
|                                   | Sig. (2-seitig)         | <0,00001                  | <0,00001     | 0,122         | <0,00001           | <0,00001         | <0,00001         | <0,00001           | n.u.                 |
| N                                 |                         | 381                       | 363          | 385           | 295                | 296              | 296              | 296                | n.u.                 |

Anmerkung: Zur besseren Übersichtlichkeit sind Korrelationskoeffizienten, die mindestens eine mittlere Stärke anzeigen grau unterlegt

Im Einzugsgebiet der Kall findet sich eine Korrelation mittlerer Stärke zwischen Campylobacter und den Ammoniumkonzentrationen. Ein hoher Korrelationskoeffizient nach Spearman findet sich in diesem Gebiet bezüglich dem Auftreten von

Campylobacter und der Trübung des Wassers. An der Kall findet man eine Korrelation mittlerer Stärke für Trübung und Campylobacter auch dann, wenn man Kendalls  $\tau_b$  anwendet, während bei allen anderen Parametern der Korrelationskoeffizient nach Kendall eine sehr geringe oder geringe Korrelation belegt.

Ein abweichendes Bild zeigt sich am Jungbach. Hier korreliert das Auftreten von Campylobacter mit der Wassertemperatur ( $\tau=0,664$ ) und es finden sich mittlere, negative Korrelationen für pH-Wert und Sauerstoffgehalt unabhängig davon, ob man den Korrelationskoeffizienten nach Spearman oder Kendall anwendet (Tab. 22).

Betrachtet man alle Probenahmestellen zusammen, dann findet sich eine höchst signifikante, mittelstarke Korrelation für das Auftreten von Campylobacter und den Konzentrationen an Ammonium und Phosphat. Wendet man den Korrelationskoeffizienten nach Kendall an, verringert sich die Stärke dieser Korrelationen. Sie ist dann nur noch gering.



## 6. Diskussion

Campylobacter werden von Säugetieren und Vögeln ausgeschieden (Abb. 40). In den untersuchten Einzugsgebieten lassen sich sowohl natürliche als auch anthropogene Eintragspfade finden. Je nach Einzugsgebiet variieren diese Faktoren und so können durch den Vergleich der Landnutzung in den Einzugsgebieten Faktoren identifiziert werden, die das Vorkommen von Campylobacter in den Gewässern nachhaltig beeinflussen. Drei der untersuchten Fließgewässer sind Talsperrenzuflüsse. Die Belastung mit Bakterien fäkalen Ursprungs und somit auch Krankheitserregern sollte daher so gering wie möglich ausfallen.



Abb. 40: Eintragspfade von Campylobacter in Oberflächengewässer und Nutzungsarten, die beeinträchtigt werden können

Deshalb wird in Talsperreneinzugsgebieten die Landwirtschaft kontrolliert, Kläranlagen sollten nicht vorhanden sein und die bevorzugte Flächennutzung ist Waldwirtschaft. Im Einzugsgebiet der Obernautalsperre sind diese Voraussetzungen am besten erfüllt. Ihr Zufluss, der Nauholzbach, liegt in einem Einzugsgebiet, das nahezu komplett bewaldet ist (siehe Kapitel 3.1). Die gemessenen Bakterienkonzentrationen sind nicht anthropogener Herkunft, sondern wurden von Tieren ausgeschieden, oder

stammen aus der Umwelt, z.B. von verrottendem Pflanzenmaterial und dem Boden. Die Flächennutzung in den Einzugsgebieten der Kall und des Wahnbaches setzt sich im Wesentlichen aus Grünland (>50%), Wald (25%) und Siedlungen (20%) zusammen. Neben Fäkalien aus der Landwirtschaft können hier auch Siedlungsabwässer in die Zuflüsse der Talsperren gelangen, wie dies am Wahnbach erfolgt, der der Kläranlage Hillesheim als Vorfluter dient.

Wenn *Campylobacter* in den Gewässern vorkommen, kann ein Infektionsrisiko für die Bevölkerung bestehen (Savill et al., 2001). Dieses ist abhängig von der Art der Gewässernutzung (Abb. 40) und von der *Campylobacter*-Konzentration. Grundsätzlich kann allein aus einem qualitativen Nachweis von *Campylobacter* kein Gesundheitsrisiko abgeleitet werden. Mit steigenden Konzentrationen erhöht sich jedoch das Infektionsrisiko, so dass aus hygienisch-medizinischer Sicht eine Vermeidung des Eintrages von Krankheitserregern grundsätzlich zu fordern ist. Eine Reduktion im Abwasser vorhandener Krankheitserreger durch eine weitergehende Abwasserbehandlung kann in diesem Zusammenhang eine Möglichkeit sein. Daneben kann durch eine Reduktion der Einträge aus diffusen Quellen die hygienisch-mikrobiologische Qualität der Gewässer verbessert werden.

## 6.1 Natürliche Eintragspfade von *Campylobacter* in Gewässer



Abb. 41: Damwild nahe der Kläranlage Loch

Von den natürlichen Faktoren sind für eine Kontamination der Gewässer vor allem die Wildtiere von Bedeutung. Durch ihre Ausscheidungen gelangen *Campylobacter* und andere Mikroorganismen in die Umwelt, wo sie in Abhängigkeit von ihrer natürlichen Widerstandsfähigkeit unterschiedlich lange überlebensfähig sind. Das Einzugsgebiet des Nauholzba-ches stellt ein Gebiet dar, in dem ausschließlich natürliche Eintragspfade zu einer Belastung des Gewässers mit *Campylobacter* führen. Das Gebiet liegt vollständig unter Wald und es findet, außer der Jagd, keine anthropogene Nutzung statt (siehe Abb. 3). Auch werden in diesem Einzugsgebiet keine Abwässer in das Gewässer eingeleitet (s. Kapitel 3.1). Es wurden unter normalen Bedingungen einmalig im September des Untersuchungszeitraumes *Campylobacter* im Gewässer in Konzentrationen von <10 KBE/100mL nachgewiesen (s. 5.2.1). Der Eintrag kann über eine direkte Defäkation von Wildtieren oder Vögeln erfolgt, jedoch auch durch Abschwemmungen bedingt worden sein. Die Ausscheidung von *Campylobacter* spp. durch Jagdwild und

Wassergeflügel ist aus verschiedenen Untersuchungen bekannt (Waldenström et al., 2002, Brown et al., 2004). In einer Studie in Österreich wurden in der Donau *Campylobacter* nur bei Wassertemperaturen unter 20 °C immer in Konzentrationen unter 100 KBE/100mL in jeder entnommenen Probe nachgewiesen. Die Autoren erklären das Auftreten von *Campylobacter* mit dem Auftreten von Wasservögeln, die sich bei kälteren Temperaturen an bestimmten Stellen sammeln, und der Kältekonservierung der Bakterien (Weber et al., 1987). In Einzugsgebieten wie dem Nauholzbach, ohne anthropogenen Einfluss stellen also solche Ansammlungen von Vögeln insbesondere bei kalter Witterung einen potentiell relevanten Eintragspfad für *Campylobacter* dar, mit dem sich auch der sporadische Nachweis der Erreger erklären lässt.

*Campylobacter* zeichnen sich durch eine relativ geringe Tenazität aus. Sie werden durch UV-Licht an einem Sommertag innerhalb einer Stunde in ein nicht kultivierbares Stadium versetzt (Obiri-Danso et al., 2001). Auch führen höhere Temperaturen zu einer raschen Degeneration der *Campylobacter*. So fanden Thomas et al. bei 20 °C ein Absterben der Zellen nach drei Tagen, während bei 10 °C das Absterben verringert auftrat, dafür aber 80% der Zellen nach drei Tagen nicht mehr kultivierbar waren (Thomas et al., 2002). Bei Untersuchungen von Korhonen und Martikainen (1991) starben alle *Campylobacter*spezies in gefiltertem Wasser später als in unbehandeltem. Werden kulturfähige *Campylobacter* im Wasser nachgewiesen, dann handelt es sich also mit großer Wahrscheinlichkeit um eine frische Verunreinigung, die allerdings sowohl diskontinuierlich als auch kontinuierlich erfolgen kann.

Im Herbst kann ein Auftreten von *Campylobacter* durch jahreszeitlich bedingte Änderungen der Vegetation begünstigt werden. Durch den Laubfall gelangt mehr Regenwasser direkt auf den Waldboden. Während der Vegetationsperiode werden in mitteleuropäischen Wäldern über die Belaubung zwischen 60-70 % des Niederschlages verdunstet. Die Wasserrückhaltekapazität des Waldes ist insbesondere in Laubwäldern im Winter verringert, da die Vegetationsperiode beendet ist. Die Wasserverdunstung über das Laub entfällt in diesem Zeitraum (Larcher, 1994). Das unter Wald liegende Einzugsgebiet des Nauholzbaches weist die höchsten Gebietsjahresniederschläge auf. Das Einzugsgebiet des Nauholzbach weist jedoch, auch aufgrund der durchgängigen Vegetationsschicht im Einzugsgebiet, eine Abflussspende von 13,98 l/(s km<sup>2</sup>), die ein Viertel unter der des Einzugsgebiet der Kall liegt (s. Tab. 6 und Tab. 7). Insbesondere bei Regenereignissen zum Ende oder außerhalb der Vegetationsperiode besteht die Gefahr, dass *Campylobacter* aus Fäkalien ausgewaschen und so in das Gewässer gelangen (Kistemann et al., 2002, Thomas et al.,

2006). Zusätzlich wurden am Nauholzbach Rückeschneisen und Wege in Hangrichtung festgestellt, durch die Abschwemmungen begünstigt werden.

Der mittlere Jahresabfluss am Nauholzbach betrug im Jahr 1997 1,44 Mio. m<sup>3</sup>. Davon ausgehend, dass eine von 16 untersuchten Proben *Campylobacter* enthielt und in dieser Probe Konzentrationen von <10 Bakterien/100 mL festgestellt wurden (vgl. Kapitel 5.1.1), kann die jährliche Fracht an *Campylobacter* als Produkt von Konzentration (Bakterien/m<sup>3</sup>) und mittlerem Jahresabfluss (m<sup>3</sup>) abgeschätzt werden. Diese geschätzte Fracht beträgt jährlich ca.  $9,0 \times 10^9$  *Campylobacter*. Während der Starkregenereignisse wurde der Abfluss stündlich gemessen. Aufgrund dieser Ergebnisse ließ sich der Abfluss berechnen, der innerhalb der 24 h vor der letzten Ereignisprobenahme lag. Am Nauholzbach trat beim ersten Ereignis ein mittlerer Abfluss von 20 l/s auf und beim zweiten Ereignis waren es 226 l/s. Damit flossen bei beiden Ereignissen 21.254 m<sup>3</sup> ab. Insgesamt flossen bei Starkregenereignissen 1,48 % des Volumens des mittleren Jahresabflusses ab. Während der beobachteten Starkregenereignisse im Untersuchungsjahr wurden *Campylobacter* im Gewässer einmalig im Oktober nachgewiesen. Die Konzentrationen lagen zwischen 10 KBE/100mL und >100 KBE/100mL. Dies ist eine Log-Stufe höher als während der Routineuntersuchung (vgl. Kapitel 5.4.1). Durch die Starkregenereignisse werden - auf Grundlage der vorhandenen Daten - etwa  $1,05 \times 10^9$  *Campylobacter* in die Talsperre eingetragen. Über die Starkregenereignisse gelangt also eine *Campylobacter*fracht in das Gewässer, die 12 % der *Campylobacter*fracht entspricht, die über den mittleren Jahresabfluss in das Gewässer gelangt, auch wenn der Abfluss aufgrund von Starkregenereignisse lediglich 1,48 % des mittleren Jahresabflusses ausmacht.

## 6.2 Anthropogen bedingte Einträge von *Campylobacter* in Gewässer

### 6.2.1 Diffuse Quellen



Abb. 42: Gülleausbringung an der Swist

Von den in Tab. 1 genannten anthropogenen Faktoren, die die Wasserqualität beeinflussen, sind für den Eintrag von *Campylobacter* vor allem die diffusen Quellen aus der Landwirtschaft von Bedeutung. In den für diese Arbeit untersuchten Einzugsgebieten der Kall, des Wahnbachs



und der Swist werden andere diffuse Einträge aufgrund von Waldwirtschaft und Freizeitnutzung als vernachlässigbar angesehen. Gleichwohl trägt die Abschwemmung und der Austrag über Fäkalien der Weidetiere oder Wirtschaftsdünger maßgeblich zur diffusen mikrobiellen Belastung von Oberflächengewässern bei (Popp, 2000).

Durch landwirtschaftliche Nutztiere werden *Campylobacter* oft in hohen Konzentrationen ausgeschieden. In Ländern mit einem hohen Anteil an Viehweiden werden *Campylobacter* regelmäßig in den Fäkalien von Milchkühen, Rindern, Geflügel und Schafen nachgewiesen. Beispielsweise wurde in der Umgebung von Cheshire, Großbritannien in 36 % der untersuchten Kuhfladen *C. jejuni* gefunden und Schafe waren zu 21 % mit *C. coli* infiziert (Savill et al., 2003, Brown et al., 2004). Bei schwedischen Untersuchungen konnte zudem festgestellt werden, dass die Inzidenz der *Campylobacter*infektionen signifikant mit dem Besatz an Wiederkäuern zunimmt (Nygard et al., 2004).

Teunis et al. (2005) gehen davon aus, dass erkrankte Milchkühe  $10^9$  *Campylobacter* pro Gramm Fäzes ausscheiden. Eine Kuh produziert täglich 57 Liter Fäkalien, bzw. die äquivalente Fäkalienmenge von 23 Personen (Stanley et al., 1998b, Till und McBride, 2004). Im Gegensatz dazu reichen schon  $<1$  mg Fäkalien einer infizierten Kuh aus, einen Milchtankwagen, der ca. 40.000 Liter fasst, mit relevanten Infektionsdosen in der Rohmilch zu erreichen (Teunis et al., 2005). Haben infizierte Weidetiere direkten Zugang zum Gewässer, gelangen über die Fäzes regelmäßig *Campylobacter* in hohen Konzentrationen hinein. Daneben führen auch Abschwemmungen von begüllten Flächen zum Eintrag von *Campylobacter* in Gewässer (Crowther et al., 2002, Stanley und Jones, 2003, Hutchison et al., 2005).

Auch aus diesem Grund schreibt die Düngeverordnung vor, Dünger nur dann auszubringen, wenn der Boden aufnahmefähig ist und keine Abschwemmungen zu erwarten sind. Grundsätzlich darf in Deutschland Gülle und Jauche in der Zeit vom 15. November bis zum 31. Januar nicht auf Grünland und in der Zeit vom 1. November bis zum 31. Januar nicht auf Ackerland ausgebracht werden (Düngeverordnung, 2006).

Von den vier untersuchten Einzugsgebieten eigneten sich vor allem das Einzugsgebiet der Kall und des Wahnbaches, um den Einfluss von Weideflächen und somit den Eintrag über Nutztiere in die Gewässer zu erfassen (siehe Abb. 43). In diesen beiden Gebieten beträgt der Flächenanteil des Grünlandes 55 % (Kall), bzw. 41 % (Wahnbach). Im Einzugsgebiet der Kall dominiert die Milchviehhaltung und starke Hangneigungen tragen zur Erhöhung des Risikos von Abschwemmungen bei.

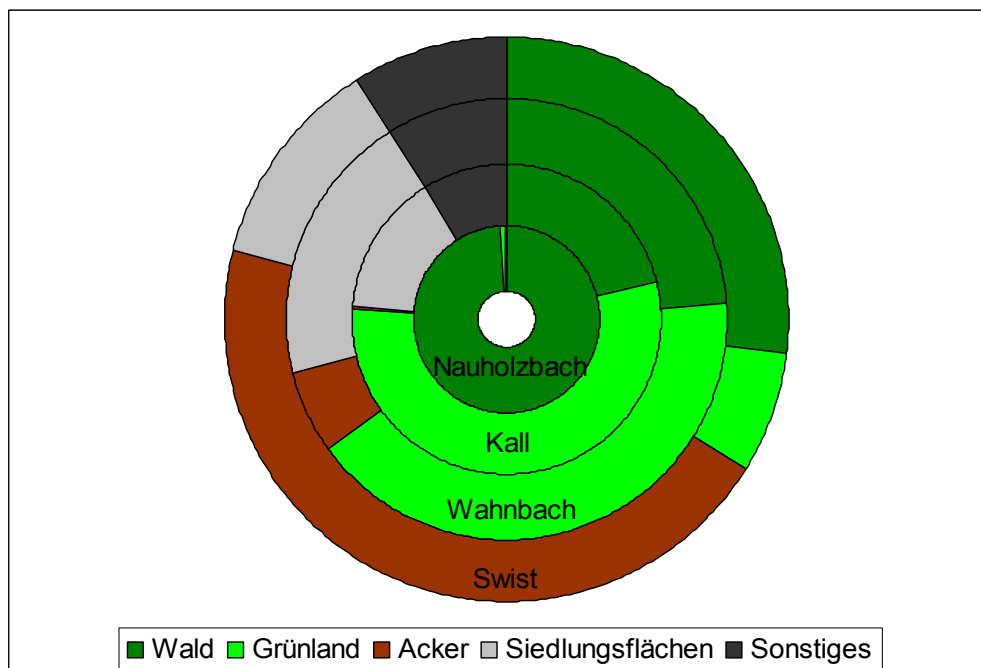


Abb. 43: Vergleich der Flächennutzung in den vier untersuchten Einzugsgebieten

Sowohl im Talsperrenzufluss Kall als auch im Zufluss Keltzerbach waren die Hälfte der untersuchten Proben für *Campylobacter* positiv. Proben aus dem Keltzerbach enthielten maximal 10 KBE/100 mL, während am Pegel der Kall ein Drittel der untersuchten Proben mehr als 10 KBE/100 mL aufwies (vgl. Tab. 16 und Tab. 17). Während der Keltzerbach hauptsächlich Wald durchfließt, entwässert die Kall den größten Teil des Einzugsgebietes und bildet somit den Einfluss der Grünlandnutzung besser ab. Auch an anderen Stellen im Einzugsgebiet, die in direkter Umgebung von Grünland liegen, finden sich vermehrt positive *Campylobacter*nachweise (Bruchgraben, Fischbach, Rossbach, Abb. 4). Speziell am Bruchgraben waren vier von fünf Proben positiv für *Campylobacter*, davon zwei mit mehr als 100 KBE/100mL. Diese Probenahmestelle liegt in einer Weide in deren unmittelbaren Umgebung Damwild gehalten wird.

Positive Proben wurden unabhängig von der Wassertemperatur und der Jahreszeit gefunden. Alle von Januar bis März untersuchten Proben (n=24) waren positiv für *Campylobacter*. Im Juli und August waren 4 von 15 Proben negativ. Der Nachweis von *Campylobacter* im Spätwinter/Frühjahr deutet einen möglichen Zusammenhang mit dem Ausbringen organischen Düngers an, wenn auch der direkte Beweis nicht erbracht werden kann. Nach dem Ausbringen von Flüssigdünger sind *Campylobacter* jedoch noch fünf Tage lang auf der Oberfläche nachweisbar und können in Gewässern geschwemmt werden (Stanley et al., 1998b).

Unterstützt wird die These, dass über die Düngerausbringung *Campylobacter* in das Gewässer gelangt, von den Ergebnissen der Korrelationsberechnungen. Im Einzugsgebiet der Kall finden sich mittlere Korrelationen zwischen dem Auftreten von *Campylobacter* und der Ammoniumkonzentration im Gewässer (vgl. Kapitel 4.5.1). Ein Auftreten von erhöhten Trübungswerten korreliert an der Kall ebenso mit dem Auftreten von *Campylobacter* (vgl. Tab. 22). Da das Gebiet, wie erwähnt, starke Hangneigung aufweist, kann daraus geschlossen werden, dass die hohen Trübungen aus Abschwemmungen infolge von Regenereignissen resultieren. Die *Campylobacter* gelangen hierdurch in die Gewässer, wie dies auch bei Untersuchungen von Bolton (1987) der Fall war.

Nagels et al. (2002) untersuchten zwar lediglich bakterielle Indikatoren, um die fäkale Kontaminationen aufgrund von Abschwemmungen auf Weideland zu untersuchen, doch auch in diesem Fall wurden Belastungsspitzen gemessen. Die Autoren führen den Anstieg der Bakterienkonzentrationen auf Abschwemmungen und direkte Defäkation in das Gewässer zurück, wobei nicht klar ist, welcher Eintragspfad größere Bedeutung hat. Im Gegensatz zum Einzugsgebiet der Kall konnten im Einzugsgebiet des Wahnbaches keine Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von erhöhten Trübungswerten oder anderen chemischen Parametern und der *Campylobacter*konzentration ermittelt werden. Das Einzugsgebiet des Wahnbaches hat zwar einen vergleichbaren Anteil Grünland wie das Einzugsgebiet der Kall, aufgrund der geringeren Hangneigung werden hier jedoch in geringerem Maße Abschwemmungen aus dem Grünland erwartet.

Der jährliche mittlere Abfluss der Kall beträgt geschätzte 17,8 Mio. m<sup>3</sup>. Unter mittleren Abflussbedingungen werden durchschnittlich 16 *Campylobacter* pro 100 mL im Gewässer nachgewiesen. Die Jahresfracht beträgt somit  $2,85 \times 10^{12}$  *Campylobacter* (s. Tab. 23). Am Wahnbach fließen jährlich im Mittel 17,44 Mio. m<sup>3</sup> ab. Im Mittel lag die *Campylobacter*konzentration 19 KBE/100 mL, ähnlich wie an der Kall. Die Jahresfracht, auf Grundlage des mittleren Abfluss berechnet, beträgt am Wahnbach  $3,31 \times 10^{12}$  *Campylobacter*. Die Fracht an *Campylobacter* ist am Pegel Wahnbach ähnlich hoch, wie an der Kall. Im Vergleich zu diesen beiden Einzugsgebieten liegt die Jahresfracht am Pegel Nauholzbach um mehr als das 100-fache darunter.

Aufgrund von Starkregenereignissen gelangen  $>2,33 \times 10^{10}$  *Campylobacter* in die Kalltalsperre. Der Anteil von Starkregenereignissen (0,212 Mio. m<sup>3</sup>) am Jahresabfluss der Kall macht 1,2 % aus. Die während dieser Ereignisse eingetragene *Campylobacter*fracht stellt etwa 1 % der Fracht bei mittlerem Abfluss dar. Am Wahnbach konnte nur ein Regenereignis erfasst werden. Im Rahmen dessen konnten *Campylo-*

bacter in Konzentrationen von  $>110/100\text{mL}$  nachgewiesen werden. Es lässt sich hier nur sehr beschränkt eine Aussage über die jährliche Fracht an Campylobacter über Regenereignisse ableiten. Im Untersuchungsjahr wurden vier Starkregenereignisse notiert, bei denen insgesamt  $0,258 \text{ Mio. m}^3$  Wasser abflossen. Ausgehend von diesem Volumen und unter der Annahme, dass die bei dem einzelnen beprobten Ereignis festgestellte Campylobacterkonzentration auch bei allen anderen Starkregenereignissen auftrat, beträgt die Jahresfracht aufgrund von Starkregenereignissen am Pegel Wahnbach mindestens  $2,83 \times 10^{11}$  Campylobacter.

Tab. 23: Jahresfracht an Campylobacter und anfallende Abflüsse am Pegel des Nauholzaches, der Kall und des Wahnaches

|                      |                      | Wassermenge<br>(Millionen $\text{m}^3$ ) | Campylobacter<br>(KBE/ $\text{m}^3$ ) | (Fracht)                |
|----------------------|----------------------|--|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>Nauholzbach</b>   |                      |  |                                       |                         |
|                      | Mittlerer Abfluss    | 1,44                                     | 6.250                                 | $9,00 \times 10^9$      |
|                      | Starkregenereignisse | 0,021                                    | 50.000                                | $1,06 \times 10^9$      |
| <b>Kall</b>          |                      |  |                                       |                         |
| Jährlicher<br>Abfluß | Mittlerer Abfluss    | 17,8                                     | 160.000                               | $2,85 \times 10^{12}$   |
|                      | Niederschläge        | 0,212                                    | $>110.000$                            | $>2,33 \times 10^{10}$  |
| <b>Wahnbach</b>      |                      |  |                                       |                         |
| Jährlicher<br>Abfluß | Mittlerer Abfluss    | 17,44                                    | 190.000                               | $3,31 \times 10^{12}$   |
|                      | Starkregenereignisse | 0,258                                    | $>1.100.000$                          | $>2,838 \times 10^{11}$ |

Zum besseren Vergleich der Campylobactereinträge aus den Einzugsgebieten kann die Abflussspende ( $\text{l}/(\text{s km}^2)$ ) dienen. Sie beträgt für den Nauholzbach  $13,98 \text{ l}/(\text{s km}^2)$ , die Kall  $19,07 \text{ l}/(\text{s km}^2)$  und den Wahnbach  $7,97 \text{ l}/(\text{s km}^2)$ . Aus der durchschnittlichen Campylobacterkonzentration (KBE/l) und der Abflussspende lässt sich Eintrag an Campylobacter pro Jahr und Einzugsgebiet ( $\text{km}^2$ ) ermitteln. Der höchste Eintrag findet sich im Einzugsgebiet der Kall mit  $9,6 \times 10^{10} \text{ KBE}/\text{km}^2$ . Dies ist doppelt soviel, wie im Einzugsgebiet des Wahnaches ermittelt wurde ( $4,78 \times 10^{10} \text{ KBE}/\text{km}^2$ ). Die Landnutzung ist in beiden Einzugsgebieten ähnlich und nicht für den Unterschied verantwortlich. Hier spiegelt sich vielmehr das unterschiedliche Abflussverhalten in den Einzugsgebieten wider.

Im Vergleich zu den beiden Einzugsgebieten der Kall und des Wahnaches liegt die Campylobacterkonzentration pro  $\text{km}^2$  im Einzugsgebiet des Nauholzbach ( $2,76 \times 10^9$ ) um das 25-fache darunter (Tab. 24). Die Abflussspende des Nauholzbach liegt ge-

nau zwischen der Abflussspende der Kall und des Wahnbaches, aber die festgestellten Campylobacterkonzentrationen am Pegel Nauholzbach sind deutlich geringer.

Tab. 24: Vergleich der Campylobacterkonzentrationen und der Abflussspende in den Einzugsgebieten

|                    | Campylobacter-      |               |                          |
|--------------------|---------------------|---------------|--------------------------|
|                    | Abflussspende       | konzentration |                          |
|                    | l/s km <sup>2</sup> | KBE/l         | KBE/km <sup>2</sup> Jahr |
| <b>Nauholzbach</b> | 13,98               | 6,25          | 2,76 x 10 <sup>9</sup>   |
| <b>Kall</b>        | 19,07               | 160           | 9,62 x 10 <sup>10</sup>  |
| <b>Wahnbach</b>    | 7,97                | 190           | 4,78 x 10 <sup>10</sup>  |

Der Unterschied an Campylobacter (KBE/(km<sup>2</sup> Jahr)) zwischen dem Einzugsgebiet Nauholzbach und den anderen Trinkwassertalsperrenzuflüssen zeigt somit die unterschiedliche Landnutzung in den Gebieten an. Das Verhältnis an Campylobacter zwischen einem Einzugsgebiet mit Waldnutzung (Nauholzbach) und überwiegender Grünlandnutzung (Wahnbach und Kall) beträgt 1:25. Durch diffuse anthropogene Eintragspfade, z.B. Abschwemmungen von Siedlungs- und aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, wird also die Belastung der Gewässer mit Campylobacter im Vergleich zur Belastung aus ausschließlich natürlichen Eintragspfaden um das 25-fache erhöht.

### 6.2.2 Punktquellen

Für die weltweit verzeichneten wasserbedingten Campylobacterausbrüche kommt dem Abwasser als Kontaminationsquelle herausragende Bedeutung zu. Neben der direkten Kontamination von Trinkwassersystemen mit Abwasser aufgrund von Havarien (vgl. 2.52.5) traten auch Kontaminationen des Grundwassers und daraus resultierende Ausbrüche auf.



Abb. 44: Kompaktkläranlage Hilberath

Bei einem Ausbruch in Neuville in der Schweiz konnte Abwasser in Folge eines Pumpenausfalls in den Grundwasserleiter eindringen. Die Kontamination des Grundwasser blieb zunächst unbemerkt, da der Pumpenausfall keinen Alarm auslös-

te. Es stellte sich heraus, dass das Alarmsystem für die Pumpe abgestellt worden war. Dies geschah, da in der Vergangenheit sehr häufig Fehlalarme aufgetreten waren (Maurer und Sturchler, 2000).

Auch Oberflächengewässern werden durch Abwässer unterschiedlicher Herkunft einschließlich Mischwasser aus Regenentlastungen mit *Campylobacter* belastet. Der Anteil der Punktquellen an der Gewässerbelastung unterliegt dabei erwartungsgemäß Schwankungen. Insbesondere bei Starkregenereignissen können Abschläge aus Kläranlagen zu massiven mikrobiellen Belastungen der Vorfluter führen (Curriero et al., 2001). Um den Einfluss von Punktquellen bei Trockenwetter und im Zuge von Regenereignissen zu untersuchen, wurde das Einzugsgebiet der Swist ausgewählt.

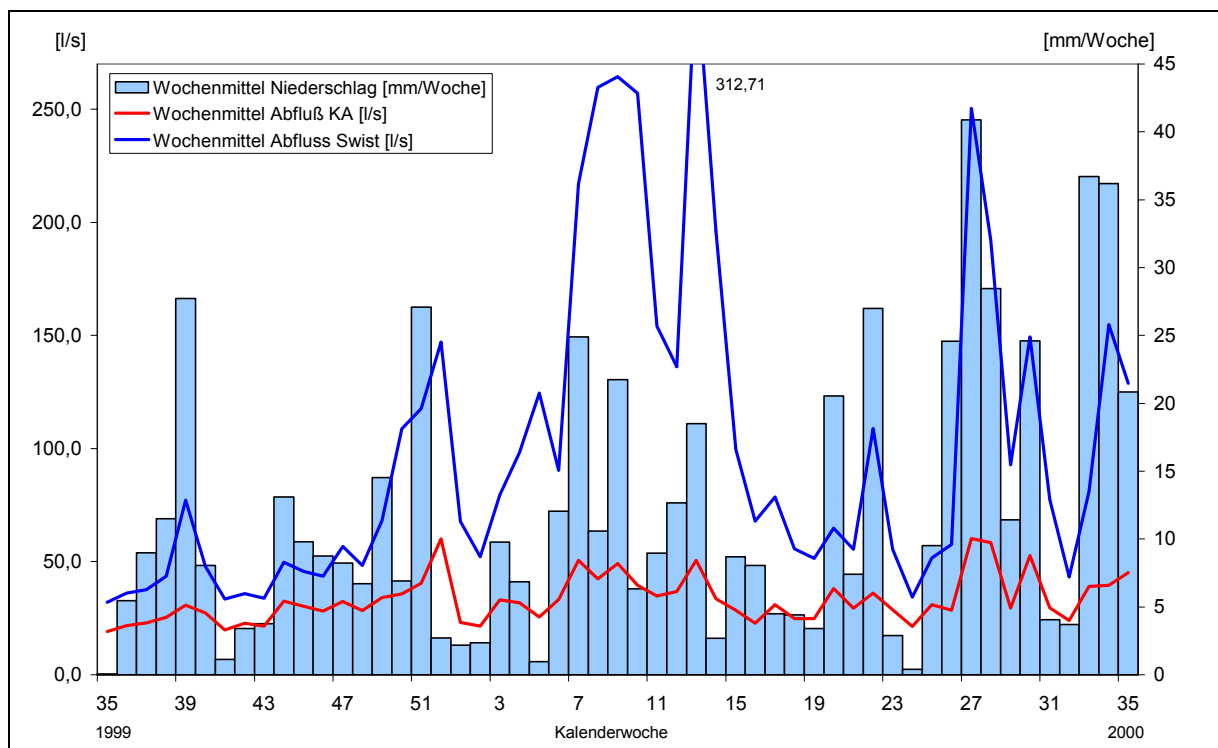


Abb. 45: Vergleich der Abflussmengen des Swistbaches und der untersuchten Kläranlagen

Im Einzugsgebiet der Swist leiten insgesamt acht Kläranlagen in das Gewässersystem ein. Der Fremdwasserzufluss in der Kanalisation kann auf jährlich 5-6 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt werden. Diese Annahme basiert auf der Größe der Entwässerungsgebiete der Kläranlagen (26,28 km<sup>2</sup>), einer Schätzung der Versiegelung des Gebietes (30%) und der mittleren jährlichen Niederschlagssumme (ca. 700 mm), wobei Verluste durch Verdunstung vernachlässigt werden. Das Fremdwasser wird zum größten Teil in den Kläranlagen gereinigt. Im Falle von Starkregenereignissen wird es jedoch über Abschlagsbauwerke direkt in den Vorfluter abgegeben. Die gesamte jährlich in den

Vorfluter eingeleitete Menge an geklärtem Abwasser beläuft sich auf über 7 Mio. m<sup>3</sup>. Im Untersuchungszeitraum wurden 1,36 Mio. m<sup>3</sup> Mischwasser direkt in das Gewässer abgeschlagen.

Insgesamt entspricht die Jahresmenge des über die Kläranlagen eingeleiteten geklärten Abwassers etwa einem Viertel des am Pegel Weilerswist gemessenen Jahresabflusses (25-30 Mio. m<sup>3</sup>). Die Schwankungen des Abwasseranteils am Pegelabfluss sind allerdings sehr stark, er beträgt im Wochenmittel 15-66 % (Abb. 45). Im Einzugsgebiet der Swist sind also die Punktquellen Kläranlageneinleitungen und Abschläge aus der Mischkanalisation maßgeblich an der Hydrologie des Gewässers beteiligt und somit wird auch die hygienisch-mikrobiologische Qualität des Gewässers entscheidend von diesem Wasser mitbestimmt.

Durch die Untersuchungen der Reinigungsleistung ausgewählter Kläranlagen im Einzugsgebiet konnte zunächst die Grundbelastung geklärter kommunaler Abwässer mit *Campylobacter* ermittelt werden. Im gereinigten Abwasser wurden Konzentrationen zwischen 0 und 10.000 KBE/100 mL festgestellt. Die Abwasserreinigung erfolgt in unterschiedlich ausgebauten Kläranlagen, die sich in drei Typen zusammenfassen lassen:

- einfache Kompaktanlage,
- Kläranlage mit Tropfkörper und Nachklärbecken,
- Kläranlage mit dritter Reinigungsstufe in Form einer Sandfiltration.

Den Kläranlagen floss unter Regelbedingungen Abwasser mit Konzentrationen von mindestens 10 *Campylobacter*/100 mL zu. Der ermittelte Median von 110.000/100 mL liegt um zwei Log<sub>10</sub>-Stufen höher als bei vergleichbaren Untersuchungen in Deutschland und den Niederlanden (Höller, 1988, Koenraad et al., 1994). Die Rohabwasserqualität der untersuchten Kläranlagen unterschied sich nicht. Dies liegt vor allem an der Tatsache, dass es sich bei den untersuchten Kläranlagen um Bauwerke handelt, die nahezu ausschließlich kommunale Siedlungsabwässer aufnehmen. Die Mikrobiologie des Abwassers sollte aus diesem Grund das aktuelle Infektionsgeschehen in der Bevölkerung widerspiegeln (Mascher, 1998). Der Haupteintragungspfad für *Campylobacter* im Abwasser der untersuchten Kläranlagen kann also in diesem Fall in der Bevölkerung vermutet werden. In Deutschland wurden im Zeitraum 2001-2007 durchschnittlich 56.000 Infektionen pro Jahr gemeldet (vgl. Kapitel 2.6). Der Erreger kann 2-7 Wochen lang von Infizierten ausgeschieden werden (Hrudey und Hrudey, 2004). Da *Campylobacter*infektionen ganzjährig auftreten, konnte der Erreger ständig im Rohabwasser nachgewiesen werden.

Im Einzugsgebiet leben ca. 70.000 Personen und es fallen 7 Mio. m<sup>3</sup> Rohabwasser pro Jahr an. Zwischen 2-15 % der Bevölkerung in industrialisierten Ländern erkrankt jährlich an Campylobacterinfektionen. Ausgehend von einem gemittelten Wert von 7 % erkrankter Bevölkerung, erkrankten jährlich etwa 4.900 Personen im Einzugsgebiet an Campylobacteriose. Diese Personen scheiden täglich etwa je einen Liter Fäkalien aus, der 10<sup>12</sup> Campylobacter enthält. In der Regel werden Campylobacter von erkrankten Personen zwei Wochen lang ausgeschieden, sodass sich die ausgeschiedene Menge an Campylobacter pro Erkranktem auf 1,5 x 10<sup>13</sup> aufsummiert. Im Jahresverlauf gelangen von den geschätzten 4.900 Erkrankten rund 7,3 x 10<sup>17</sup> Campylobacter in das Abwasser. Ausgehend von dieser Menge ergibt sich im Rohabwasser eine theoretische Campylobacterkonzentration von etwa 10<sup>7</sup>/100 mL. Die im unbehandelten Rohabwasser am Einlass der Kläranlagen festgestellte mediane Campylobacterkonzentration von 10<sup>5</sup>/100 mL entspricht dagegen nahezu genau der im Einzugsgebiet der Swist zu erwartenden ausgeschiedenen Campylobactermenge, aufgrund der bundesweiten durchschnittlichen Inzidenz von 68 Erkrankten/100.000 Einwohner. Bis zum Erreichen der Kläranlage findet im Kanalnetz aber eine Reduktion der Campylobacter aufgrund von Sedimentationsvorgängen und „Grazing“ und der geringen Tenazität der Campylobacter und ihrer Sauerstoffempfindlichkeit statt.

Die gemessene Campylobacterkonzentration beim Eintritt des Abwassers in die Kläranlage liegt somit unter der tatsächlich ausgeschiedenen Menge. Es kann also angenommen werden, dass mehr Erkrankungen im Einzugsgebiet der Swist auftreten als gemeldet werden und somit ein Underreporting gegeben ist.

Tab. 25: Reduktion von Campylobacter und *E. coli* in den untersuchten Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist dargestellt als Log<sub>10</sub>-Stufen

|                | Reduktionsleistung |                |
|----------------|--------------------|----------------|
|                | Campylobacter      | <i>E. coli</i> |
| KA Flerzheim   | 3,11               | 3,2            |
| KA Rheinbach   | 2,69               | 3,6            |
| KA Heimerzheim | 3,5                | 3,7            |
| KA Miel        | 2,8                | 3,5            |
| KA Hilberath   | 2,25               | 2,2            |
| KA Loch        | 1,75               | 2,5            |

Obwohl das Rohabwasser durchgehend ähnlich hohe Campylobacterkonzentrationen aufweist, treten Unterschiede bei der mikrobiellen Reduktionsleistung in Abhängigkeit vom Kläranlagentyp auf (Tab. 25). In den Kompaktanlagen (KA Hilberath, KA Loch) werden die Campylobacter durchschnittlich um zwei Log<sub>10</sub>-Stufen reduziert, während in den weiter ausgebauten Kläranlagen Reduktionen von ca. drei Log<sub>10</sub>-



Stufen erreicht werden können. Dabei unterschieden sich die Kläranlagen mit Tropfkörpern (KA Heimerzhem, KA Miel) nicht von den Kläranlagen mit abschließender Sandfiltration des gereinigten Abwassers (KA Flerzheim, KA Rheinbach). Ebenfalls drei Log<sub>10</sub>-Stufen Campylobacterreduktion wurden bei Untersuchungen an Kläranlagen mit Tropfkörpern in Großbritannien erreicht, wohingegen Koenraad in den Niederlanden nur eine Log<sub>10</sub>-Stufe Reduktion nachweisen konnte (Arimi et al., 1988, Koenraad et al., 1994).

Eine ähnliche Reduktionsleistung wie für Campylobacter konnte an den untersuchten Kläranlagen auch für *E. coli* beobachtet werden. Hier unterscheiden sich die vier ausgebauten Kläranlagen ebenfalls kaum voneinander, ihre Reinigungsleistung für *E. coli* ist jedoch um mehr als eine Log<sub>10</sub>-Stufe größer als die der kleinen Kompaktanlagen. Damit ist der Unterschied in der Reduktion von *E. coli* zwischen ausgebauten Kläranlagen und Kompaktanlagen größer als der Unterschied in der Reduktion von Campylobacter in ausgebauten Anlagen und Kompaktanlagen. Maßgeblich für die Campylobacterreduktion ist die Belüftung des Abwassers in den Belebungsbecken und den weitergehenden Behandlungsstufen. Da Campylobacter mikroaerophil sind, wird durch die Anreicherung des Abwassers mit Sauerstoff das Absterben der Campylobacter gefördert (Rollins und Colwell, 1986). Weitere Faktoren, die die Nachweisbarkeit der Campylobacter beeinflussen, können Anheftung an Partikel und die Inaktivierung durch Sonnenlicht sein (Kayser et al., 1987). Insgesamt war die Reinigungsleistung der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Swist hinsichtlich der Campylobacterreduktionsleistung gleichwertig oder besser im Vergleich zu bisher publizierten Daten (Arimi et al., 1988, Höller, 1988, Jacob et al., 1991, Mascher, 1998, Stampi et al., 1999, Hiekel et al., 2002).

Unter Regelbedingungen wurden im Frühjahr im Gewässer oberhalb der Kläranlagen höhere Campylobacterkonzentrationen registriert als unterhalb und auch im Sommer sind die Campylobacterkonzentrationen, die im Ablauf der Kläranlagen gemessen wurden teilweise niedriger, als die im Gewässer gefundenen Konzentrationen. So werden über die Kläranlagen unter normalen Betriebsbedingungen kontinuierlich Campylobacter in Konzentrationen von durchschnittlich 100-1.000 Bakterien/100 mL eingeleitet. Dies führt zu einer aus dem gereinigten Abwasser stammenden Campylobacterfracht von  $7 \times 10^{12}$  pro Jahr, die in das Gewässer gelangt.

Am Gebietsauslass, dem Pegel in Weilerswist, werden im Median 600 Campylobacter/100 mL nachgewiesen. Diese Messungen wurden vornehmlich unter Trockenwetterbedingungen durchgeführt und der durchschnittliche Abfluss betrug zum Zeitpunkt der Messungen  $0,233 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dies entspricht in etwa dem durch-

schnittlichen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) von 0,189 m<sup>3</sup>/s (*Bezirksregierung Köln*, 2005), oder umgerechnet einer jährlichen Menge von 5,96 Mio. m<sup>3</sup>. Die jährliche Campylobacterfracht der Swist, auf Grundlage des MNQ berechnet, bemisst sich somit auf  $3,57 \times 10^{13}$  Bakterien (Tab. 26).

Tab. 26: Jahresfracht an Campylobacter in der Swist im Mittel und unter Trockenwetterbedingungen, sowie die Einträge aus den untersuchten Kläranlagen im Einzugsgebiet

|                           |                            | Wassermenge           | Campylobacter         |                        |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                           |                            | (Mio m <sup>3</sup> ) | (KBE/m <sup>3</sup> ) | Fracht                 |
| <b>Jährlicher Abfluß</b>  | Mittlerer Abfluss (MQ)     | 25,95                 | 6.000.000             | $1,56 \times 10^{14*}$ |
|                           | Niedrigwasserabfluss (MNQ) | 5,96                  |                       | $3,57 \times 10^{13*}$ |
|                           | Regenwetter <sup>1</sup>   | 18,63                 | 100.000.000           | $1,86 \times 10^{15}$  |
| <b>Kläranlagenabfluss</b> | Regulärer Betrieb          | 7,00                  | 1.000.000             | $7,0 \times 10^{12}$   |
|                           | Mischwasserabschlag        | 1,36                  | 1.000.000.000         | $1,36 \times 10^{15}$  |
|                           | Gesamt                     | 8,36                  |                       | $1,37 \times 10^{15}$  |

<sup>1</sup> Der jährliche Abfluss bei Regenwetter wurde näherungsweise durch Subtraktion des Niedrigwasserabflusses (MNQ) und der Mischwasserabschläge vom mittleren Abfluss (MQ) berechnet

\*Die Frachten wurden auf der Basis der im Mittel am Pegel Weilerswist gemessenen Campylobacterkonzentrationen berechnet

Der mittlere Abfluss (MQ) an der Swist liegt jedoch bei 0,823 m<sup>3</sup>/s, bzw. 25,95 Mio. m<sup>3</sup> jährlich (*Bezirksregierung Köln*, 2005). Da keine genaueren Daten zur durchschnittlichen Belastung mit Campylobacter am Pegel Weilerswist unter mittleren Abflussbedingungen vorliegen, wird zur Abschätzung der Fracht der Median der gemessenen Konzentration an Campylobacter am Pegel Weilerswist verwendet. Aus dem Produkt von mittlerem Abfluss und Median der Campylobacterkonzentration am Pegel Weilerswist ergibt sich eine Jahresfracht von mindestens  $1,56 \times 10^{14}$  Campylobacter, die von der Swist in die Erft gelangt (Tab. 26).

Der jährliche Abwasserabfluss aus den Kläranlagen unter normalen Betriebsbedingungen in Höhe von 7 Mio. m<sup>3</sup> trägt - unter Vernachlässigung von Sedimentations- und Absterbeprozessen - zur jährlichen Gesamtfracht an Campylobacterbakterien in der Swist bei Niedrigwasserabfluss mit etwa 4,49 % bei (s. Tab. 26). Durch die Campylobacterfracht aus dem gereinigtem Abwasser, das in den Vorfluter geleitet wird, wird die Gewässerqualität jedoch nicht nachteilig beeinflusst. Damit ist eine wichtige

Voraussetzung für die Einleitung von gereinigtem Abwasser in Gewässer erfüllt (Mascher, 1998). Dies gilt auch für die Trockenperioden im Sommer, wenn der Kläranlagenabfluss teilweise zwei Drittel des Gesamtabflusses des Gewässers ausmacht. Vielmehr konnte festgestellt werden, dass im Einzugsgebiet auch oberhalb der Kläranlage schon Effekte wie Abschwemmung von landwirtschaftlichen Flächen wirken, die zu einer Belastung mit *Campylobacter* führen. Unter Trockenwetterbedingungen bezogen auf den mittleren Niedrigwasserabfluss stammen aus Kläranlagen 19,6 % der am Gebietsauslass auftretenden *Campylobacter*fracht, wohingegen 80,4 % der *Campylobacter*fracht aus diffusen Quellen stammen muss (Abb. 46).

Neben den diffusen Einträgen aus der Landwirtschaft (s. Kapitel 6.2.1) können aber auch aus Niederschlagsereignissen resultierende Abschlüge aus Regenüberlaufbecken *Campylobacter* in die Gewässer eintragen. Kenntnisse über die Auswirkungen von Niederschlägen auf das Vorkommen von pathogenen Mikroorganismen in Gewässern und damit eine mögliche Gesundheitsgefährdung, insbesondere bei der Wasserentnahme zur Trinkwasserversorgung, liegen vor. Es fehlen aber Daten zur mikrobiellen Gewässerbelastung durch abwassertechnische Einrichtungen, speziell bei Regenereignissen in Abhängigkeit vom Kläranlagentyp (Rose et al., 1996, Curriero et al., 2001). In der Kanalisation kommt es aufgrund von Regenereignissen zu einem erhöhten Anfall von Mischwasser. Dieses besteht aus Regenwasser und Abwasser, enthält allerdings auch resuspendierte Kanalablagerungen und Abschwemmungen von Siedlungsflächen. Neben chemischen Schadparametern enthält Mischwasser auch alle hygienisch relevanten Mikroorganismen, die im normalen Abwasser vorhanden sind, und sollte deshalb nicht unbehandelt in die Gewässer eingeleitet werden. Aus diesem Grund besitzen Mischwassersysteme Speicherkapazitäten, für die Zwischenstauung des Wassers nach Regenereignissen. Ist die Speicherkapazität des Abwassersystems schließlich jedoch erschöpft, muss das überschüssige Mischwasser abgeschlagen werden, damit das Kanalsystem entlastet wird und das Abwasser nicht in Siedlungsgebiete zurückdrückt. Solche Abschlüge führen akut zu einem Eintrag von Pathogenen in das Gewässer, der sich auch verzögert über Tage noch im Sediment nachweisen lässt (Borchardt, 1992, Borchardt und Mehlhart, 1995).

Das relative Gesundheitsrisiko wird für die Bevölkerung beim Kontakt zu Oberflächengewässern, das als Badewasser genutzt wird, wird von der WHO als hoch eingestuft, wenn dieses Badewasser mit Mischwasserabschlägen belastet wurde, wenn das Abschlagswasser unbehandelt war oder nur einer Sedimentation unterzogen wurde. Selbst dann, wenn nur das Abwasser weniger Menschen als Mischwasser

während Regenereignissen abgeschlagen wird, das Gewässer jedoch langsam fließt, besteht ein moderates bis hohes Risikopotential (WHO, 2003).

Um den Eintrag von Mikroorganismen und speziell der *Campylobacter* aus Mischwasserabschlägen zu erfassen, wurden im Einzugsgebiet der Swist zwei Kläranlagen ausgewählt. Bei diesen Kläranlagen handelt es sich um die gut ausgebaute Anlage in Flerzheim und die kleine Kompaktanlage in Loch (vgl. Kapitel 3.3.4). In der Kläranlage Flerzheim wird anfallendes Mischwasser in zwei Regenüberlaufbecken zwischengestaut, während in der Kläranlage Loch ein Stauraumkanal das Mischwasser aufnimmt. Im Abschlag aus den Regenüberlaufbecken wurden *Campylobacter* mit Höchstkonzentrationen von  $10^6/100$  mL Abschlagswasser nachgewiesen. Mehr als  $10^7$  *Campylobacter* pro 100 mL Mischwasser fanden sich im Abschlag aus dem Stauraumkanal (5.4.2). Insgesamt ist die Belastung mit *Campylobacter* aus den beiden Anlagen jedoch mit etwa 100.000 *Campylobacter*/100 mL im Mittel als gleich anzusehen. Die Belastung ist um das 150-fache höher als die bei Trockenwetter am Gebietsauslass festgestellten Konzentrationen (s. Tab. 26).

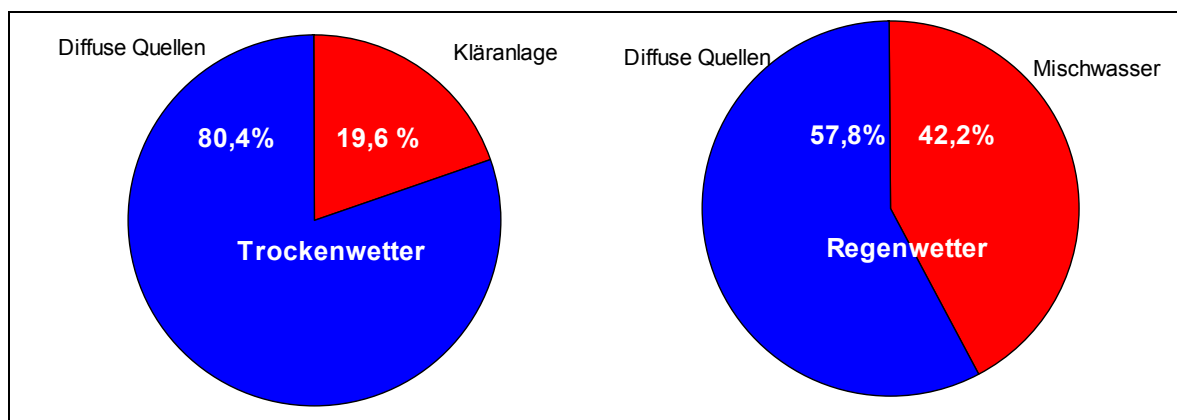


Abb. 46: Anteil diffuser Quellen (Fracht:  $2,87 \times 10^{13}$ ) und der Kläranlagen (Fracht:  $7 \times 10^{12}$ ) an der *Campylobacter*fracht unter Trockenwetterbedingungen (Fracht:  $3,57 \times 10^{13}$ ) (links) und Anteil diffuser Quellen ( $1,36 \times 10^{15}$ ) und des Mischwasserabschlages ( $1,36 \times 10^{15}$ ) aus Kläranlagen an der *Campylobacter*fracht bei Regenwetter (Fracht:  $3,22 \times 10^{15}$ ) (rechts)

Für den Vergleich mit den im Gewässer vorhandenen *Campylobacter*konzentrationen können die parallel erhobenen Daten der Probenahmen oberhalb der Kläranlagen herangezogen werden. Im Abschlag der Kläranlage waren bei gleicher Häufigkeit gleich viele oder mehr *Campylobacter* vorhanden als sich im Gewässer befanden. Insgesamt lagen die *Campylobacter*konzentration im Median im Gewässer oberhalb der Kläranlagen bei Regenereignissen bei 10.000 KBE/100 mL. Ob mehr oder gleich viele *Campylobacter* im Gewässer oberhalb der Kläranlage im Vergleich zum Mischwasserabschlag vorhanden waren, erwies sich als unabhängig von der

Jahreszeit, der Witterung und dem Kläranlagentypus. In einer anderen deutschen Studie an verschiedenen Kläranlagen konnte jedoch nachgewiesen werden, dass bei Dauerregen die Konzentrationen von Fäkalindikatoren niedriger lag als bei Starkregen, und dass Dauerregen zu einer Verdünnung der Bakterien im Abwasser beiträgt. Die Einträge aus diffusen Quellen waren gegenüber Trockenwetter auch bei Dauerregen deutlich erhöht und lagen über den im Abwasser gemessenen Konzentrationen (Hiekel et al., 2002). Es ist davon auszugehen, dass das Auftreten von *Campylobacter* einem ähnlichen Muster folgt, da auch *Campylobacter* fäkalen Ursprungs sind.

Aus den Kläranlagen werden jährlich rund 1,36 Mio. m<sup>3</sup> in Form von Mischwasser abgeschlagen. Diese Menge schwankt zwischen 0,8 Mio. m<sup>3</sup> in trockenen und 2,3 Mio. m<sup>3</sup> in feuchten Jahren (Kistemann et al., 2004). Dies entspricht einem jährlichen Anteil von 5,25 % des Wassers der Swist. Bei durchschnittlich einer Million *Campylobacter* pro Liter Mischwasser, ergibt sich eine Menge von  $1,36 \times 10^{15}$  *Campylobacter*, die jährlich über Abschlüge in die Swist gelangen (s. Tab. 26). Diese Fracht ist tausendfach größer als die aus gereinigtem Abwasser in den Vorfluter gelangende Jahresfracht. Im Verhältnis dazu stehen die bei Regenwetter aus diffusen Einträgen stammenden *Campylobacter*frachten. Die bei Regenwetter anfallende Wassermenge wurde durch den Abzug des Trockenwettervolumens und des Mischwasserabschlages vom durchschnittlichen jährlichen Abfluss abgeschätzt. Aus dem Jahresabfluss bei Regenwetter und der durchschnittlich festgestellten *Campylobacter*konzentration im Gewässer (10.000 KBE/100mL) wurde eine *Campylobacter*fracht von  $1,86 \times 10^{15}$  berechnet (Tab. 26). Dies spiegelt den Anteil diffuser Quellen an der *Campylobacter*fracht bei Regenwetter wider. Ins Verhältnis gesetzt bedeutet dies, dass bei Regenwetter 42,2 % der *Campylobacter*fracht aus Mischwasserabschlägen stammt und 57,8 % über diffuse Einträge in das Gewässer gelangen (Abb. 46).

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass *Campylobacter* über verschiedene diffuse und Punktquellen in die Gewässer eingetragen werden. Insbesondere gereinigtes Kläranlagenwasser enthält ständig *Campylobacter*. In Einzugsgebieten, in denen Kläranlagen in die Gewässer einleiten, kann keine Saisonalität für das Auftreten von *Campylobacter* beobachtet werden. Der kontinuierliche Eintrag über Kläranlagen wurde auch schon in einer polnischen Studie an der Oder als Grund für den ständigen Nachweis von *Campylobacter* in der Oder vermutet, doch nicht näher bestimmt (Daczowska-Kozon und Brzostek-Nowakowska, 2001). Allerdings sind die Frachten, die über gereinigtes Abwasser in das Gewässer gelangen geringer als alle Frachten aus anderen Eintragungspfadern. Die höchsten *Campylobacter*belastungen resultieren

aus Einträgen bei Regenwetter und Mischwasserabschlägen, welche zwar die volumemäßig kleinste, aber mengenmäßig die wichtigste Punktquelle für *Campylobacter* im Gewässer war.

### **6.3 Risiko für *Campylobacter*infektionen aufgrund verschiedener Wassernutzung**

Weltweit werden Studien zur Übertragung von *Campylobacter*infektionen und den bestehenden Risikofaktoren, die eine Infektion begünstigen, durchgeführt. Häufig konzentrieren sich diese Studien auf Lebensmittel, insbesondere Geflügel, deren Zubereitung und Konsum. Bei einer Untersuchung von Rodrigues et. al. (2001) stellte sich aber heraus, dass nur etwa ein Fünftel der auftretenden *Campylobacter*iosen eindeutig auf Lebensmittel als Infektionsursache zurückzuführen waren. Für die restlichen Erkrankungen konnte keine eindeutige Infektionsquelle bestimmt werden. Der Genuss von Geflügelfleisch, Besitz von Haustieren oder schlechte Küchenhygiene erhöhte das Infektionsrisiko nicht. Der Genuss von Trinkwasser bedingte ebenfalls kein erhöhtes Infektionsrisiko, allerdings wurde nur nach dem Genuss von Leitungswasser gefragt. Bei einem Ausbruch von *Campylobacter*iose innerhalb einer Militäreinheit in Finnland war der Genuss von unbehandeltem Oberflächenwasser für den Ausbruch verantwortlich (Aho et al., 1989).

Neue Modelle sollen alle denkbaren Infektionswege beschreiben und so helfen, die Hauptübertragungswege zu identifizieren (Hearnden et al., 2003, Skelly und Weinstein, 2003). Das dafür benötigte Wissen umfasst nicht nur die Übertragungswege, sondern auch Daten zum Vorkommen von *Campylobacter* in verschiedenen Umweltmedien und aus deren Nutzung resultierende Infektionsrisiken. In Oberflächengewässern kommen *Campylobacter* regelmäßig vor, wenn Fäkalien in das Gewässer eingetragen werden. Wie in Kapitel 6.2 dargestellt, kann der Eintrag sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sein und unterschiedliche Ausmaße annehmen. Die Gewässergüte wird vor allem durch anthropogene Belastungen beeinflusst.

#### **6.3.1 Hygienische Gewässergüte**

Die Beurteilung der Gewässerqualität anhand von Indikatormodellen wurde Ende der 1960er Jahre entwickelt und etabliert. Dabei erfolgt die Einstufung der Gewässergüte mit Hilfe des siebenstufigen Saprobien-systems und wird auf Gewässergütekarten farbig dargestellt. In den vergangenen Jahren wurde das Saprobien-system durch einen chemischen Index und zusätzliche Bestimmungsschlüssel ergänzt. Aktuell wird

in der EU-Wasserrahmenrichtlinie der gute ökologische Zustand eines Gewässers ebenfalls durch die Anwendung der in Anhang V beschriebenen physikalischen, chemischen und biologischen Überwachungsparameter bestimmt (EU-WRRL, 2000). Chemische und physikalische Parameter sind für die hygienisch-mikrobiologische Gewässerüberwachung aber nur bedingt geeignet, da sich Mikroorganismen anders als chemische Parameter verhalten. Sie unterliegen Konkurrenzdruck, werden nicht gleichmäßig suspendiert, sedimentieren und gehen in nicht kultivierbare Stadien über (Obiri-Danso und Jones, 1999a).

Tab. 27: Zuordnung der "Allgemeinen Koloniezahl" zu den Wassergüte-Klassen von Fließgewässern

| Wassergüte-<br>hauptklasse | Koloniezahlen<br>[KBE/mL] |
|----------------------------|---------------------------|
| I                          | < 200                     |
| II                         | >200 - 5.000              |
| III                        | >5.000 – 200.000          |
| IV                         | >200.000                  |

Während die Ziele der EU-WRRL der „... Schutz und (die) Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme (...) (und die) Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen“ sind, werden in dieser Richtlinie mikrobiologisch-hygienische Gesichtspunkte nur indirekt berücksichtigt. Aus der erstellten Gewässergüte karte ist die Eignung des Wassers für konkrete hygiene-sensible Nutzungen nicht ablesbar. Vor diesem Hintergrund wurde von Popp (1998) ein einfaches Modell zur hygienischen Beurteilung von Gewässern entwickelt, das sich des Parameters Allgemeine Koloniezahl bei 20 °C bedient und Gewässer, wie in Tab. 27 dargestellt klassifiziert. Im zu klassifizierenden Gewässer werden zu unterschiedlichen Belastungssituationen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes (max. 1 Jahr) die Koloniezahlen bei 20 °C ermittelt. Von diesen Ergebnissen wird der Median ermittelt, der die Einteilung in die Wassergüte-Hauptklasse ergibt. Als Badegewässer sind nach diesem System alle Gewässer mit einer Wassergüte von mindestens zwei geeignet. Wendet man das System von Popp auf die Fließgewässer in den untersuchten Einzugsgebieten an, dann können alle der Gewässergüteklasse II zugeordnet werden, da die Koloniezahlen bei 20 °C im Median zwischen 445 KBE/mL am Nauholzbach und 1.669 KBE/mL

an der Swist liegen. Alle Gewässer wären somit nach Popp als Badegewässer geeignet.

Vergleicht man die Gewässergüte nach Popp mit den nachgewiesenen Campylobacterkonzentrationen an den jeweiligen Gewässern, dann wird deutlich, dass selbst bei temporärem Vorliegen von Gewässergüte I Campylobacter in Konzentrationen von  $>1.000$  KBE/100 mL auftreten können (s. Abb. 47). Da die Infektionsdosis bei 500-1.000 Campylobacter liegt, kann also in diesen Fällen eine Infektion durch die Aufnahme von weniger als 100 mL Wasser der Gewässergüte I erfolgen.

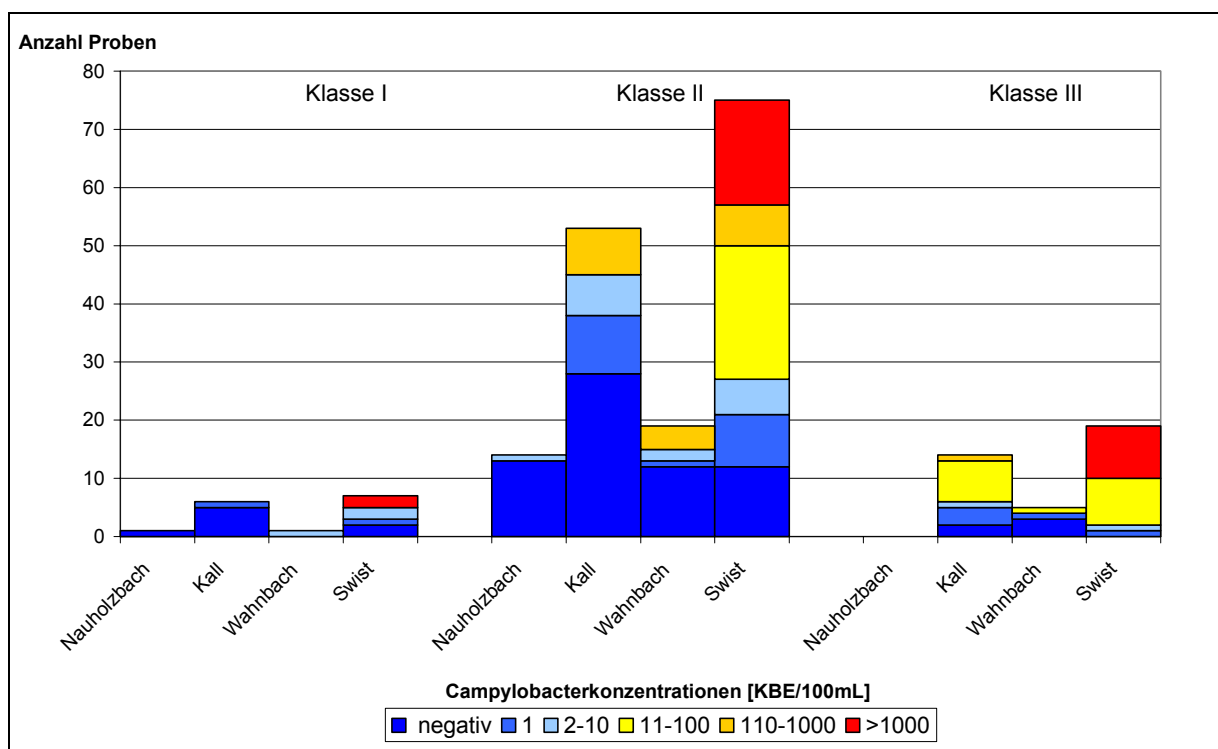


Abb. 47: Häufigkeit des Auftretens von verschiedenen Campylobacterkonzentrationen (KBE/100mL) bei unterschiedlicher Gewässergüte in den vier Einzugsgebieten Nauholzbach, Kall, Wahnbach und Swist

Somit eignet sich die Gewässergütebeurteilung anhand der allgemeinen Koloniezahl nicht, um Aussagen zum Vorkommen und zum Infektionsrisiko durch Campylobacter zu treffen. Auch Wässer mit sehr guter Güte können hohe Campylobacterkonzentrationen enthalten und somit hygienisch bedenklich sein. Eine nutzungsbezogene Bewertung der Gewässer kann demnach nicht mittels der allgemeinen bakteriologischen Gewässergüte erfolgen. Vielmehr scheint es erforderlich zu sein, eine Gefährdungsbeurteilung je nach Nutzungsart des Gewässers vorzunehmen und Fäkalindikatoren in die Beurteilung mit einzubeziehen.



### 6.3.2 Trinkwassergewinnung

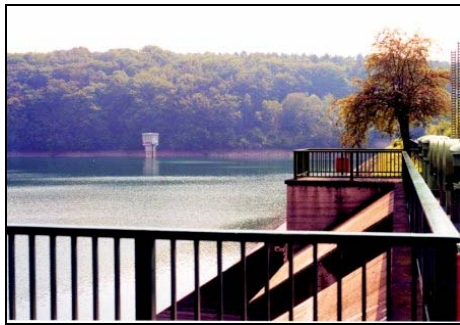


Abb. 48: Wahnbachtalsperre

Weltweit werden trinkwasserassoziierte Ausbrüche von Campylobacteriosen beschrieben und können auch für Deutschland nicht ausgeschlossen werden (vgl. Kapitel 2.6). Allein in Kanada wurden im Zeitraum von 1974 bis 2001 288 trinkwasserbedingte Krankheitsausbrüche beobachtet. Davon waren verschiedene mit dem Auftreten von Niederschlägen, Vorhandensein von

Vieh im Einzugsgebiet, sowie schlechter Wartung und Betrieb der Trinkwassergewinnung und -aufbereitung assoziiert. Campylobacter war hierbei die häufigste bakteriologische Ursache für Ausbrüche (Schuster et al., 2005). Bei den von Hanninen untersuchten Ausbrüchen in Finnland wurden während eines Ausbruchs in den Stuhlproben von 10 Patienten und dem Leitungswasser der gleiche Sero- und Genotyp von Campylobacter gefunden. Von den untersuchten Leitungswasserproben war in diesem Fall nur eine einzige positiv für die routinemäßig untersuchten Indikatorbakterien (*E. coli*, coliforme Bakterien). Wahrscheinlichste Ursache des Ausbruchs war eine Kontamination des Grundwasserbrunnens durch Oberflächenwassereintrich nach heftigen Regenfällen. Während der weiteren untersuchten Campylobacterausbrüche wurde eine sehr geringe Anzahl an *E. coli* in 5 Liter untersuchtem Trinkwasser gefunden. Wahrscheinlich wäre auch dieses Trinkwasser während der Routineüberwachung nicht auffällig gewesen, da hierzu 100 mL-Wasserproben untersucht werden (Hanninen et al., 2003).

Trinkwasserbedingte Ausbrüche von Campylobacteriosen werden vor allem dann beschrieben, wenn kleine Wasserversorgungssysteme ohne aufwendige Aufbereitungs- und Desinfektionsverfahren vorliegen (Wienand, 2006). Bei einer prospektiven Fall-Kontroll-Studie in Kanada, während der zunächst hauptsächlich Geflügelfleisch als Risikofaktor untersucht wurde, ergab sich, dass das Risiko einer trinkwasserassoziierten Campylobacteriose bislang unterschätzt wurde (Michaud et al., 2004). Bei einer Fall-Kontroll-Studie in England im Jahre 2000 wurde schließlich kein signifikanter Einfluss des Trinkwasserkonsums auf das Erkrankungsrisiko festgestellt (Rodrigues et al., 2001).

In Schweden erkrankten etwa 6.000 Menschen innerhalb von vier Jahren an Campylobacter (Andersson et al., 1997). Ebenso wurden aus England und Wales im Zeitraum von 1992 bis 1994 vom Public Health Laboratory Service (PHLS) sechs Ausbrüche durch mit Campylobacter kontaminiertes Trinkwasser aus privaten Wasserver-

sorgungssystemen gemeldet. Im Zeitraum von 1995 bis 1999 waren es vier Ausbrüche (Hunter, 1997, Pebody et al., 1997, Furtado et al., 1998, Frost et al., 2002).

Campylobacter gelangen entweder direkt durch tierische Ausscheidung oder aufgrund von Abschwemmungen während Niederschlagsereignissen in die Gewässer (siehe Kapitel 6.1). In einer neuseeländischen Studie waren Wasserproben häufiger mit Campylobacter kontaminiert als Lebensmittelproben (Savill et al., 2003). Ähnlich dem in der Lebensmittelindustrie erfolgreich eingesetzten HACCP-Konzept sollten deshalb auch für die Trinkwasserproduktion Überwachungssysteme entwickelt werden, die kritische Situationen aufzeigen und beherrschbar machen. Zur Zeit werden zu Überwachungszwecken in der Trinkwasserproduktion verschiedene mikrobiologische und chemisch-physikalische Parameter des Roh- und Trinkwassers von den Wasserversorgern routinemäßig kontrolliert. Eine Ausweitung des Prinzips der Untersuchung von Fäkalindikatoren zur Beurteilung der hygienisch-mikrobiologischen Trinkwasserqualität, wie sie seit etwa 120 Jahren Anwendung in Deutschland findet (Exner, 2003), auf kritische Kontrollpunkte im Einzugsgebiet und der Aufbereitung könnte auch potentielle Gefahrenpunkte im Einzugsgebiet besser erfassen. Denn die Vermeidung des direkten Eintrages von Campylobacter über natürliche Eintragspfade ist nur teilweise möglich (Kay und McDonald, 1983, Dufour et al., 2003, Wienand, 2006).

Wasser aus dem Nauholzbach, der Kall und dem Wahnbach fließt in Talsperren und wird zur Trinkwasserversorgung genutzt. Aus diesem Grund sind in den Einzugsgebieten der Gewässer Wasserschutzgebiete ausgewiesen, wie am Nauholzbach und Wahnbach, oder zumindest geplant, wie an der Kall (Kapitel 3.1.2). Das Einzugsgebiet des Nauholzbaches untergliedert sich in Schutzzone I und II in Abhängigkeit von der Gewässernähe. Im Einzugsgebiet des Wahnbaches sind die Zonen I-III ausgewiesen, ebenso im Bereich des Kalleinzugsgebiets.

Alle Pegelprobenahmestellen liegen in der Schutzzone I. Die an den Pegeln innerhalb der Schutzzone I gemessenen Campylobacterkonzentrationen zeigen Kontaminationen der Talsperrenzuläufe mit diesen Bakterien an. Somit muss für das entnommene Rohwasser eine Gefährdungsabschätzung erfolgen, um eine sichere Trinkwasseraufbereitung und damit Trinkwasserversorgung sicherzustellen. Eine an deutschen Wasserwerken durchgeführte Studie belegte, dass sowohl im Rohwasser als auch in der Aufbereitung der Wasserwerke Campylobacter in mehr als der Hälfte der untersuchten Proben nachzuweisen waren. Die Verteilung der positiven Campylobacternachweise war dabei gleichmäßig auf Rohwasser und Aufbereitung ge-

ben, jedoch waren die gefundenen Konzentrationen in den Aufbereitungsstufen um mindestens zwei Log-Stufen geringer als im Rohwasser (Feuerpfeil et al., 1997).

Wie in Kapitel 5.6 gezeigt werden konnte, bestehen hochsignifikante mittlere Korrelationen zwischen *Campylobacter* und den Fäkalindikatoren *E. coli* und Fäkalstreptokokken, sowie mit Clostridien und der allgemeinen Koloniezahl bei 36 °C, wenn die Ergebnisse aus allen Untersuchungsgebieten in die Korrelationsberechnung mit einbezogen werden. In einer Untersuchung finnischer Oberflächenwässer wurde die Korrelation von *Campylobacter* mit *E. coli* und Clostridien ebenfalls beobachtet (Hörman et al., 2004). Dies widerspricht zwar den Ergebnissen von Carter et al., der keinerlei Korrelationen zwischen *Campylobacter* und den untersuchten Fäkalindikatoren *E. coli* und Fäkalstreptokokken, und denen von Stelzer et al., die nur Korrelationen mit den Gesamtcoliformen fanden (Carter et al., 1987, Stelzer et al., 1989). Möglicherweise liegt dies an der Weiterentwicklung der Untersuchungsmethoden, da Ende der 1980er Jahre die Studien durchgeführt wurden, die im Widerspruch zu denen in der vorliegenden Arbeit festgestellten Ergebnissen stehen, während die finnische Studie im Jahr 2004 stattfand. Im Gegensatz zu den erwähnten Untersuchungen von Korrelationen zwischen *Campylobacter* und verschiedenen Mikroorganismen in Oberflächenwässern, wurde von Feuerpfeil et al. Roh- und daraus gewonnenes Trinkwasser untersucht. Es fanden sich bei diesen Untersuchungen keine Korrelationen zwischen dem Nachweis von *Campylobacter* und den routinemikrobiologischen und hydrochemischen Parametern (Feuerpfeil et al., 1997).

Da trinkwasserbedingte *Campylobacter*ausbrüche auch bei hygienisch-mikrobiologisch scheinbar einwandfreiem Trinkwasser auftreten können, welches durch die Abwesenheit von Fäkalindikatoren in 100 mL untersuchter Trinkwasserprobe indiziert wird, müssen zukünftig andere Parameter stärker beachtet werden. In der Schweiz wurde nach einem Ausbruch die Empfehlung ausgesprochen, erhöhten Trübungswerte und Hinweisen aus der Bevölkerung hinsichtlich ästhetischer Beeinträchtigungen des Trinkwassers, z.B. Farbe und Geruch, in jedem Fall nachzugehen, um in Zukunft Ausbrüche zu vermeiden (Maurer und Sturchler, 2000). Eine Kombination aus epidemiologischen und hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen kann der Schlüssel für die Aufklärung von Ausbrüchen sein. Insbesondere, wenn der negative Befund für Fäkalindikatoren, wie im Falle der *Campylobacter*, das Vorhandensein des Erregers nicht ausschließt (Stehr-Green et al., 1991).

In den untersuchten Einzugsgebieten wird Oberflächenwasser als Rohwassereiner weitergehenden Aufbereitung unterzogen, um als Trinkwasser an den Verbraucher abgegeben zu werden. Wenn man davon ausgeht, dass *Campylobacter* empfindlich

gegenüber äußeren Umweltfaktoren wie Temperatur und UV-Strahlung sind, kann von einer deutlichen Reduktion dieser Organismen während der Verweildauer des Wassers in Talsperren ausgegangen werden. Dies auch mit dem Wissen, dass bekannt ist, dass coliforme Bakterien in Talsperren innerhalb von 20 Tagen um 99 % der Ausgangskonzentration reduziert werden, aufgrund der relativ feindlichen Umgebungsbedingungen (Chapman, 1998).

Die im Rahmen des EU-Forschungsprojektes MICRORISK u. a. in Roetgen, Deutschland, erfolgten Risikoabschätzungen, kamen zu dem Schluss, dass für *Campylobacter* ein durchschnittliches Risikolevel von  $2 \times 10^{-3}$  also 2 Infektionen auf 1000 Personen, im Trinkwasser aus einer Aufbereitungsanlage besteht, ausgehend von einer konventionellen Aufbereitung mit Flockung und Filtration (Hijnen et al., 2005). Idealerweise sollte das Risikolevel bei  $1,2 \times 10^{-6}$  (6 Infektionen auf 5 Mio. Personen) nach der Aufbereitung liegen. Eine Verringerung des Risikos kann erreicht werden, wenn eine abschließende Wasserdesinfektion mit Chlor erfolgt. *Campylobacter* sind empfindlich gegenüber Chlor und können so wirksam eliminiert werden (AWWA, 1999, Szewzyk et al., 2000).

Ein Problem stellen Kontaminationen dar, die erst im Verteilungsnetz auftreten, solange kein freies Chlor im Wasser vorhanden ist. Dies ist in Deutschland durchaus gegeben, da Trinkwasser auch ohne Aufbereitung und Desinfektion an den Verbraucher abgegeben werden darf, wenn die Rohwasserqualität den Anforderungen der Trinkwasserverordnung genügt. Ein weiteres Risiko besteht durch die vielen Einzelwasserversorgungen. Diese kleinen Wasserversorger weisen häufiger zu beanstandende Befunde in der Routineüberwachung auf als größere Versorger (Schnepf, 1998). Die Häufigkeit hygienisch nicht einwandfreier Trinkwasserproben nimmt dabei mit der Größe der Einzelwasserversorgung ab.

Je kleiner also die Einzelwasserversorgung, desto häufiger ist die Trinkwasserproduktion hygienisch nicht einwandfrei. Als Kontaminationsquellen kommen vor allem diffuse Einträge, am häufigsten aus der Landwirtschaft, in Betracht, die die Brunnen kontaminieren (Duke et al., 1996, Ritter et al., 2002, Thomas et al., 2006). In kaltem (4 °C) Süßwasser sind einzelne *Campylobacter*stämme mehr als zwei Monate überlebensfähig (Cool et al., 2003). Tritt also eine Kontamination auf, kann der Erreger auch längere Zeit im Wasser überleben, wenn keine weiteren Desinfektionsmaßnahmen ergriffen werden.

Somit besteht auch in Deutschland das potentielle Risiko von wasserbedingten *Campylobacter*ausbrüchen, da trinkwasserbedingte Ausbrüche in anderen Ländern

mit diesem Agens häufig in nicht vorhandener oder nicht adäquater Aufbereitung begründet waren (EPA/600/1-90/005a, 1990, Craun, 1990, Hruday und Hruday, 2004). Für Wasserversorgungsunternehmen ist es deshalb wichtig, eine Gefährdungsanalyse vorzunehmen, mögliche Risikosituationen erkennen und beherrschen zu können. Diese Gefährdungsanalyse kann in einen Wassersicherheits-Plan (Water Safety Plan) umgesetzt werden, der in Anlehnung an das HACCP-Konzept der Lebensmittelhygiene entwickelt wurde, um Trinkwasserversorgungsstrukturen besser überwachen zu können (Davison et al., 2005). Damit können dann auch die in der „Bonn Charter für sicheres Trinkwasser„ geforderten Ziele des Trinkwasserschutzes erreicht werden (*The Bonn charter for safe drinking water*, 2004). Besonderes Augenmerk sollte dabei auf Starkregenereignisse, z.B. Sommergewitter, gelegt werden, da hier Kontaminationen aus diffusen Quellen in einem zeitlich sehr begrenzten Rahmen auftreten können. Hieraus kann letztlich ein Infektionsrisiko über einen längeren Zeitraum resultieren.

### 6.3.3 Badegewässer



Abb. 49: Badende Kinder

Nach IfSG 7 § 37 gilt: "Schwimm- oder Badebeckenwasser in Gewerbebetrieben, öffentlichen Bädern sowie in nicht ausschließlich privat genutzten Einrichtungen muss so beschaffen sein, dass durch seinen Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist." Die Überwachung erfolgt durch das

Gesundheitsamt. Die in der DIN 19643 "Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser" vorgegebenen mikrobiologischen und chemischen Parameter werden regelmäßig untersucht. Natürliche Badegewässer werden in Deutschland von den zuständigen Behörden nach der EU-Richtlinie über die "Qualität der Badegewässer" (Freibadegewässerrichtlinie (76/160/EWG), 1976) überwacht. Nach dieser Richtlinie sind Badegewässer "...die fließenden oder stehenden Binnengewässer oder Teile dieser Gewässer sowie Meerwasser, in denen das Baden von den zuständigen Behörden eines jeden Mitgliedstaats ausdrücklich gestattet ist oder nicht untersagt ist und in denen üblicherweise eine große Anzahl von Personen badet." Infektionen, die aufgrund des Kontaktes zu Badegewässern entstehen, werden häufig nicht durch bestehende routinemäßige Surveillance nachgewiesen. Selbst dann, wenn es sich um schwere Erkrankungen handelt, lässt sich der Bezug zu Badewasser als Infekti-

onsquelle häufig nicht herstellen (WHO, 2003). Die Kosten, die durch beim Baden akquirierte gastro-intestinale Erkrankungen verursacht werden, belaufen sich pro Infektion -bedingt durch Arbeitsausfall, Kosten für den Arztbesuch und Medikamente- auf geschätzte 36,58 US-Dollar. Für zwei beobachtete Strandabschnitte in Florida ergaben sich Kosten in Höhe von 1,34 Mio. US-Dollar pro Jahr (Dwight et al., 2005).

Campylobactererkrankungen treten in Deutschland mit einer saisonalen Häufung von Mitte Mai bis Mitte Oktober auf. Dies steht im Gegensatz zu vielen Ländern, in denen eine Häufung im Frühjahr, oder in Ländern mit mildem Winter sogar früher, beobachtet wird (Kovats et al., 2005). In die gleiche Zeit fällt die Badesaison in Deutschland. Da Campylobacter über Badewasser übertragen werden können, und eine Häufung an Erkrankungen in den Sommermonaten auftritt, ist ein Zusammenhang möglich, wenn auch nicht bewiesen. Dieser Trend wird zwar verschiedentlich geäußert und vor dem erhöhten Infektionsrisiko gewarnt, insbesondere im Hinblick auf wachsenden Nutzungsdruck auf Oberflächengewässer durch die Bevölkerung (Koenraad et al., 1997, Eyles et al., 2003). Nach einer neuseeländischen Studie, in der eine quantitative Gesundheitsrisikoanalyse durchgeführt wurde, könnten bis zu 5 % aller dort erfassten Campylobacteriosefälle auf den Kontakt mit Badegewässern zurückzuführen sein (McBride et al., 2002).

Die Freibadegewässerrichtlinie ist von den einzelnen Bundesländern in eigene Richtlinien umgesetzt worden, von denen die Richtlinie des Landes Nordrhein-Westfalen neben verschiedenen chemischen und physikalischen Parametern die Untersuchung auf fäkalcoliforme Bakterien -entspricht *Escherichia coli-* , coliforme Bakterien und Fäkalstreptokokken fordert. Für die Parameter fäkalcoliforme und coliforme Bakterien gibt die Richtlinie Leit- und Grenzwerte vor, Fäkalstreptokokken werden lediglich anhand eines Leitwertes beurteilt. Tab. 28 gibt eine Übersicht, welche Leit- und Grenzwerte der einzelnen Parameter eingehalten werden müssen.

Tab. 28: Mikrobiologische Richt- und Grenzwerte nach der Badegewässerrichtlinie Nordrhein-Westfalens

| Parameter                | Leitwert      | Grenzwert        |
|--------------------------|---------------|------------------|
| Fäkalcoliforme Bakterien | 100 KBE/100mL | 2.000 KBE/100mL  |
| Coliforme Bakterien      | 500 KBE/100mL | 10.000 KBE/100mL |
| Fäkalstreptokokken       | 100 KBE/100mL | -                |

In der Freibadegewässerrichtlinie NRW ist auch festgelegt, dass die ermittelten Werte in 95 % aller untersuchten Proben eingehalten werden müssen. Einzelne Proben können deshalb den Grenzwert überschreiten, ohne dass das Gewässer seinen Badegewässerstatus verliert. Unabhängig davon werden immer bei Grenzwertüberschreitungen weitere Untersuchungen vorgenommen werden, um eine akute Gefährdung der Badegäste zu vermeiden.

In den vier untersuchten Einzugsgebieten ist Baden offiziell nicht erlaubt und keines der Gebiete ist ein offizielles Badegewässer. Das Baden ist im Nauholzbach, der Kall und dem Wahnbach sogar ausdrücklich nicht gestattet, da es sich hierbei um Gewässer handelt, die der Trinkwassergewinnung dienen. Trotzdem repräsentieren diese Gewässer typische kleinere Fließgewässer, die von der Bevölkerung zu Badezwecken genutzt werden. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse der insgesamt 214 Gewässerproben genutzt, um eine Abschätzung des Gesundheitsrisikos aufgrund von Badeaktivitäten in diesen unterschiedlich strukturierten Einzugsgebieten vorzunehmen.

Die Badegewässerrichtlinie NRW wurde in allen Einzugsgebieten zumindest zeitweise eingehalten. In den gering beeinflussten Einzugsgebieten von Nauholzbach, Wahnbach und Kall hielten 58 von 114 Proben (50,9 %) die Badegewässerrichtlinie ein, im Einzugsgebiet der Swist waren es 20 von 100 Proben (20 %). Die Überschreitungen traten in der Regel im Sommer auf, also zur Badesaison. Keines der untersuchten Gewässer ist nach Badegewässerrichtlinie uneingeschränkt als Badegewässer geeignet. Dies ist bemerkenswert, da das Einzugsgebiet des Nauholzbaches keiner direkten anthropogenen Belastung ausgesetzt ist und aufgrund der geschlossenen Waldfläche als natürliches Gebiet gilt. Hier wird also auch nur eine geringe fäkale Belastung erwartet, da nur wenige Emissionsquellen vorhanden sind. Das Einzugsgebiet wurde aufgrund seiner naturräumlichen Ausstattung zu Beginn der Untersuchungen als Referenzgebiet ausgewählt, in dem von einer Nullemission ausgegangen wurde. Dies gilt jedoch hinsichtlich der Fließgewässerbelastung mit Bakterien fäkalen Ursprungs nur eingeschränkt. Der Grenzwert für coliforme Bakterien wird in zwei der untersuchten Proben überschritten und der Leitwert für Fäkalstreptokokken einmal (Kistemann et al., 1998a).

Betrachtet man die in den Gewässern gefundenen *Campylobacter*-Konzentrationen (Tab. 29), dann fällt auf, dass in den Gewässern, die Trinkwassertalsperren speisen (Nauholzbach, Wahnbach und Kall), die Mehrheit derjenigen Proben (45 von 58), die Badegewässerqualität aufweisen, keine *Campylobacter* enthielten. Dies entspricht 77,6 % der Proben und steht im Gegensatz zu den Ergebnissen im Einzugsgebiet

der Swist, wo nur 25 % (5 von 20) der Proben, die Badewasserqualität haben, keine Campylobacter enthielten.

Tab. 29: Einhaltung, bzw. Überschreitung der EU-Badegewässerrichtlinie in den untersuchten Einzugsgebieten und nachgewiesene Campylobacterkonzentrationen

|   |            | Proben-<br>anzahl | Campylobacterkonzentrationen<br>[KBE/100mL] |       |          |       |
|---|------------|-------------------|---|-------|----------|-------|
|   |            |                   | Negativ                                     | 1-100 | 110-1000 | >1000 |
| <b>Einzugsgebiete Talsperren (Nauholzbach, Kall und Wahnbach)</b> |            |                   |   |       |          |       |
| Einhaltung  | Richtwerte | 9                 | 8   | 1     | 0        | 0     |
|   | Grenzwerte | 49                | 37  | 10    | 2        | 0     |
| Überschreitung  |            | 56                | 19  | 25    | 12       | 0     |
| Gesamt  |            | 114               | 64  | 36    | 14       | 0     |
| <b>Einzugsgebiet Swist</b>  |            |                   |   |       |          |       |
| Einhaltung  | Richtwerte | 2                 | 1   | 0     | 0        | 1     |
|   | Grenzwerte | 18                | 4   | 11    | 1        | 2     |
| Überschreitung  |            | 80                | 9   | 40    | 5        | 26    |
| Gesamt  |            | 100               | 14  | 51    | 6        | 29    |
| <b>Gewässer gesamt</b>  |            |                   |   |       |          |       |
| Einhaltung  | Richtwerte | 11                | 9   | 1     | 0        | 1     |
|   | Grenzwerte | 67                | 41  | 21    | 3        | 2     |
| Überschreitung  |            | 136               | 28  | 65    | 17       | 26    |
| Gesamt  |            | 214               | 78  | 87    | 20       | 29    |

An der Swist enthielten mehr als die Hälfte der Proben (11 von 20; 55 %) mit Badegewässerqualität Campylobacter in Konzentrationen zwischen 1 und 1.000 KBE/100 mL, in den anderen Einzugsgebieten dagegen 18,9 % (11 von 58). Diese Beobachtung wurde auch an bayerischen Badeseen gemacht, wo Campylobacter in 17,4 % aller Proben gefunden wurde, die die Leitwerte der EU Badegewässerrichtlinie einhielten (Schindler, 2001). Alle untersuchten Proben wurden spätestens zur Mittagszeit entnommen. Der von Obiri-Danso et. al. beschriebene Effekt einer Reduktion von Campylobacter und Indikatorbakterien durch Temperaturanstieg und UVB-Strahlung könnte zwar auftreten, doch nicht mit voller Auswirkung (Obiri-Danso et al., 1999). Auch beeinträchtigt diese Tatsache den Vergleich der Ergebnis-



se untereinander nicht, da alle Proben im gleichen Tageszeitraum gewonnen wurden.

Im Einzugsgebiet des Nauholzbaches sind Wildtiere als Hauptbelastungsquelle anzusehen. Campylobacter wurden in einer Probe nachgewiesen (September 1997). In dieser und einer weiteren Probe im Juni 1997 wurde die EU-Badegewässerrichtlinie nicht eingehalten. Die Campylobacterkonzentrationen im Gewässer waren nur gering, somit bestand ein geringes potentielles Infektionsrisiko mit Campylobacter. Der Eintragspfad Wildtiere verursacht in diesem Gebiet eine geringfügige Belastung. An der Kall und dem Wahnbach ist eine Belastung des Gewässers vor allem durch Einträge aus der landwirtschaftlichen Nutzung möglich. Die Proben, die der EU-Richtlinie genügten, aber hohe Campylobacterkonzentrationen aufwiesen, wurden außerhalb der Badesaison gewonnen und würden nicht zu einem Badeverbot geführt haben. Von den Proben, die die EU-Richtlinie nicht genügten stammen 96,4 % aus den beiden genannten Gebieten. Die zwölf Proben, die hohe Campylobacterkonzentrationen ( $>100$  KBE/100 mL) aufweisen, stammten ebenfalls alle aus den Einzugsgebieten Kall und Wahnbach (Tab. 29).

In einer in den Niederlanden durchgeführten Untersuchung zur Schätzung der durch Wasser übertragenen Campylobacterinfektionen, wurde für badende Kinder ein Infektionsrisiko von 0,045 pro Person und Jahr und bei Erwachsenen von 0,0011 pro Person und Jahr ermittelt (Schijven, 2003). Es wird für die Risikoberechnung davon ausgegangen, dass sich im Mittel 10 Campylobacter pro Liter Badewasser finden lassen. Diese Zahlen sind deutlich niedriger als die an der Swist gefundenen. Selbst die Zuflüsse der untersuchten Talsperren, die in geschützten Einzugsgebieten liegen, wiesen in den Sommermonaten mehrfach Überschreitungen dieses Wertes auf. Aus gesundheitlicher Sicht sind Nachweise von Campylobacter in Konzentrationen von mehr als 1.000 KBE/100 mL bedenklich, da die Infektionsdosis bei etwa 500 Erregern angesiedelt wird (Black et al., 1988). Ein von der US Environment Protection Agency (EPA) herausgegebenes Handbuch für Expositionsfaktoren postuliert, dass ein normaler Badegast etwa 50 mL Wasser pro Stunde verschluckt (*EPA-Report EPA/600/P-95/002Fa-c*, 1997). Enthält das Wasser Campylobacter, dann besteht demnach grundsätzlich für den Badenden ein akutes Infektionsrisiko. An der Swist enthielten drei der 20 Proben, die Badegewässerqualität haben, mehr als 1.000 KBE/100 mL Campylobacter. Zwei dieser Proben wurden an der Probenahmestelle oberhalb der Kläranlage Loch gewonnen, wo keine Punktquellen in das Gewässer einleiten. Die anderen beiden Proben stammen aus dem Mittellauf der Swist. In den anderen Einzugsgebieten wiesen dagegen nur zwei von 58 Proben

derartig erhöhte *Campylobacter*-Konzentrationen auf. Diese Proben stammen aus dem Einzugsgebiet der Kall im Januar und dem Wahnbach im April. Wurden die in der EU-Badegewässerrichtlinie vorgegebenen Richtwerte an der Swist eingehalten, dann enthielt nur eine einzelne Probe mehr als 1.000 KBE/100 mL *Campylobacter*. Im Jahre 1998 wurde von Prüss ein Review durchgeführt, in dem epidemiologische Studien miteinander verglichen wurden, bei denen Gesundheitseffekte aufgrund der Exposition zu Freizeitgewässern bestimmt worden waren. Die Autorin kommt zu dem Schluss, dass das Risiko für das Auftreten von gastro-intestinalen Erkrankungen mit dem Vorkommen von Fäkalindikatoren korreliert (Prüss, 1998). Je weniger Fäkalindikatoren in dem Gewässer vorhanden sind, desto wahrscheinlicher ist auch die Abwesenheit von *Campylobacter* in hygienisch kritischen Konzentrationen. Trotzdem bedeutet die Einhaltung der EU-Badegewässerrichtlinie nicht, dass keine Gefahr für Badegäste besteht, sich mit *Campylobacter* zu infizieren. Vielmehr müssen zur Beurteilung des Risikos im Einzugsgebiet vorhandene Belastungsquellen des Gewässers erfasst und ihre Bedeutung als Eintragsquelle für *Campylobacter* abgeschätzt werden.

Auch eine Studie zu Durchfallerkrankungen bei Badenden, die an der Küste Großbritanniens durchgeführt wurde, zeigte, dass das Vorkommen von Enterokokken mit der Wahrscheinlichkeit, eine Durchfallerkrankung zu akquirieren korreliert. Sobald mehr als 40 Enterokokken pro 100 mL Wasser nachweisbar waren, stieg das Erkrankungsrisiko für Badende an (Kay et al., 1994). Die Autoren liefern keine Hinweise auf mögliche Infektionserreger. Allerdings haben Schönberg-Norio et al. (2004) in Finnland das Schwimmen in natürlichen Wasserkörpern als signifikanten Risikofaktor für im Inland erworbene *Campylobacter*-Infektionen identifiziert. Auch während des deutschen *Campylobacter*-Workshop in Freising im Jahr 2000 wurde auf das Risiko von *Campylobacter*-Infektionen durch Baden hingewiesen, weil in bayerischen Badeseen *Campylobacter* in Abwesenheit von Fäkalindikatoren nachgewiesen wurden (Steinbrückner und Suerbaum, 2000). Die zwanzig Jahre alte Aussage von Weber et al (1987), dass kein Risiko für Badende durch *Campylobacter* spp. besteht, muss heute sehr kritisch betrachtet werden und im Zusammenhang mit den damals vorliegenden geringen Konzentrationen an *Campylobacter* gesehen werden, die diese Autoren nachgewiesen haben.

An der Swist werden durch landwirtschaftliche Nutzung und die angeschlossenen Kläranlagen Bedingungen geschaffen, die in einer konstant hohen *Campylobacter*-Konzentration resultieren. Insbesondere durch Mischwasserabschläge gelangen gesundheitlich bedenkliche Konzentrationen in das Gewässer. Diese Abschläge treten

in den Sommermonaten in Folge von Starkregen nach Gewittern auf und sind damit zeitlich und räumlich eng begrenzt. Der Transport im Gewässer ist jedoch bei solchen Ereignissen stark beschleunigt (Riegler, 2002, Medema et al., 2003). Für Badende resultiert hieraus ein wenig beachtetes Risiko. In Gebieten, die unterhalb der Gewitter bedingten Regenabschläge liegen, kann schönes Wetter herrschen und gebadet werden. Durch den beschleunigten Transport von Mikroorganismen im Wasser aufgrund des Ereignisses, besteht das Risiko hoher *Campylobacter*-Konzentrationen an den Badestellen und somit ein erhöhtes Infektionsrisiko auch bei scheinbar günstigen und risikoarmen Umgebungsbedingungen.

#### 6.3.4 Weitere wassergebundene Freizeitnutzungen



Abb. 50: Brücke über die Swist

Neben der Nutzung als Badegewässer finden an Gewässern auch andere wassergebundene Aktivitäten statt. Typisch ist die Nutzung für den Wassersport, wie zum Beispiel Kanu fahren, welche häufig auch auf kleineren Fließgewässern möglich ist. Die Niers und die Erft seien hier als typische Gewässer erwähnt. Daneben wird gerne dem Angelsport nachgegangen oder Gewässer von Kindern als Spielplatz genutzt. Während der Beprobungen in den Einzugsgebieten wurden immer wieder spielende Kinder gesehen oder Spuren ihrer Aktivitäten gefunden. So wurden an den Gewässern Dämme gebaut, Bötchen schwimmen ge-

lassen, Hilfsmittel zur Gewässerquerung gebaut oder einfach nur geplanschert. Auch Spaziergänger nutzen gerne die Wege entlang der Gewässer und besonders Anwohner mit Hunden sind häufig an den Gewässern anzutreffen. Des Weiteren ist die Nutzung der Gewässer von Campern denkbar, welche jedoch in den untersuchten Einzugsgebieten nicht beobachtet werden konnte. Untersuchungen an Campingplätzen belegen einen deutlichen Anstieg von hygienisch-mikrobiologisch relevanten Bakterien, sobald die Saison im Einzugsgebiet startet. Entscheidend ist dabei die Abwesenheit von sanitären Einrichtungen. Waren allenfalls einfache Latrinen vorhanden, wurde eine Kontamination des umgebenden Bodens beobachtet, und der Austrag von Pathogenen aus diesem ist wahrscheinlich (Varness et al., 1978).

In wieweit resultiert aus den genannten Freizeitaktivitäten ein abschätzbares Gesundheitsrisiko für den Menschen? Es ist bekannt, dass Wassersportler direkten Kontakt zum Wasser haben und auch regelmäßig Wasser verschlucken. Eine neuere

Studie ermittelte, dass Schwimmer zwischen 37 mL (Kinder) und 16 mL (Erwachsene) innerhalb einer Stunde verschlucken (Dufour et al., 2006). Geringer sind die Mengen, wenn Kinder im und am Wasser spielen. Für Spaziergänger kann ein Risiko nahezu ausgeschlossen werden, solange kein Wasserkontakt gegeben ist. Angler, die sich ähnlich wie Spaziergänger zwar am Gewässer befinden, haben in der Regel ebenfalls keinen Wasserkontakt, der zum Verschlucken von Wasser führt. Beim Umgang mit den Fischen können allenfalls Wasserspritzer im Gesicht des Anglers landen und es so kann es zu einer sehr geringen Aufnahme von Wasser kommen. Auch werden Angler Gewässerwasser nicht trinken, da sie normalerweise Verpflegung in ihrer Ausrüstung mit sich führen. Bislang wurden in der einschlägigen Literatur keine Infektionen über diesen Weg beschrieben. Eine *Campylobacter*infektion über Fisch wurde dagegen in einem Fall dokumentiert. Dabei handelte es sich um Thunfischsalat, der wahrscheinlich während der Zubereitung kontaminiert wurde (Roels et al., 1998). Daneben findet sich insbesondere *C. lari* in Miesmuscheln und Austern. Niederländische Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass bei regelmäßigem Verzehr ein substantielles Risiko einer Infektion besteht (Endtz et al., 1997, Teunis et al., 1997). Es kann letztendlich davon ausgegangen werden, dass keine direkte Gesundheitsgefährdung aus dem Fang von Fischen und Meerestieren resultiert.

### 6.3.5 Nutzung der Gewässer für landwirtschaftliche Zwecke



Abb. 51: Viehtränke Jungbach

In Deutschland werden jährlich etwa 1,6 Milliarden m<sup>3</sup> Wasser in der Landwirtschaft gebraucht. Davon werden mindestens 210 Mio. m<sup>3</sup> für Bewässerungszwecke verwendet. Genaue Zahlen sind nicht bekannt, da viele Landwirte über private Brunnen verfügen, die nicht verlässlich erfasst werden (Kahlenborn und Kraemer, 1999). Besonders in den Sommermonaten greifen Landwirte auf die Swist und ihre Nebengewässer zu, um empfindliche, wasserbedürftige Feldfrüchte ausreichend zu bewässern. Im Jahrhundertsommer 2003 wurden daher Untersagungserklärungen von Seiten des Rhein-Sieg-Kreises ausgesprochen, um ein Trockenfallen einzelner Gewässer

zu verhindern (Lehnert, 2003). In den anderen untersuchten Einzugsgebieten spielt die Entnahme aus Gewässern zu Bewässerungszwecken dagegen eine untergeord-

nete Rolle; hier werden die Gewässer von den Landwirten eher als Viehtränke verwendet.

Wird Bewässerungswasser in der landwirtschaftlichen Produktion verwendet, dann müssen auch mögliche Infektionsrisiken bedacht und vermieden werden. Unternimmt man eine quantitative mikrobiologische Risikoanalyse, dann treten die höchsten Infektionsraten bei dem Verzehr von rohem Gemüse, welches mit Klärschlamm gedüngt wurde, auf (Westrell et al., 2004). Die WHO hat aus diesem Grund Richtlinien für die Verwendung von Abwasser in der Landwirtschaft publiziert (WHO, 2006b). In diesen Richtlinien wird empfohlen, dass Wasser, welches zur direkten Bewässerung von Wurzelgemüsen und niedrig wachsenden Feldfrüchten benutzt wird, maximal 1.000 *E. coli*/100 mL enthalten darf. In den untersuchten Einzugsgebieten sollte diese Richtlinie, beispielsweise bei der Bewässerung von Erdbeerefeldern, die sich vor allem im Bereich der Swist befinden, beachtet werden. Auch für die Bewässerung von Gemüse, das nicht roh verzehrt wird, und für Obstplantagen sieht die WHO mikrobiologische Richtwerte vor. In diesen Fällen sollen im Bewässerungswasser nicht mehr als 100.000 *E. coli*/100 mL vorhanden sein.

Auch Campylobacterinfektionen können durch den Genuss von rohem, kontaminiertem Obst ausgelöst werden. So wird von Evans et. al. (2003) der Verzehr von grünem Salat als Risikofaktor für Campylobacterinfektionen angesehen. In Finnland wurde im Jahre 2002 ein Cluster von Durchfallerkrankungen erfasst, die durch Campylobacter ausgelöst worden waren. Die wahrscheinlichste Infektionsquelle waren in diesem Fall roh verzehrte Erdbeeren (Hattaka et al., 2003, Schönberg-Norio et al., 2004). Rosef et al. (2001) sehen Bewässerung mit Oberflächenwasser als Risiko für die Übertragung von Campylobacter und bestehen deshalb auf einer regelmäßigen mikrobiologischen Überwachung von Bewässerungswasser.

Tab. 30: *Campylobacter*nachweis in der Swist in Abhängigkeit von der *E. coli*-Konzentration während der Sommermonate (Mai – September)

|  |                            | <i>E. coli</i><br>[KBE/100mL] |           |            |
|--|----------------------------|-------------------------------|-----------|------------|
|  |                            |                               | ≤1000     | >1000      |
| <b><i>Campylobacter</i> spp.</b><br>N=53 | Qualitativ                 | Negativ                       | 1 ( 4 %)  | 0          |
|  |                            | Positiv                       | 22 (96 %) | 30 (100 %) |
|  | Quantitativ<br>[KBE/100mL] | <1.000                        | 14 (64 %) | 13 (42 %)  |
|  |                            | >1.000                        | 8 (33 %)  | 18 (58 %)  |

Beim Vergleich der von der WHO vorgegebenen Richtwerte für *E. coli* mit dem Nachweis von *Campylobacter* wird deutlich, dass die Häufigkeit des qualitativen *Campylobacter*nachweises in der Swist in den Sommermonaten von Mai bis September relativ unabhängig davon ist, ob die *E. coli*-Konzentration kleiner oder größer 1.000 KBE/100 mL ist (Tab. 30). Im Sommer werden im Gewässer ständig *Campylobacter* nachgewiesen. Es war nur eine einzige Probe negativ für *Campylobacter*.

Bei quantitativer Betrachtung wird aber deutlich, dass die Konzentration an *Campylobacter* in Proben, die gering mit *E. coli* belastet sind, in fast zwei Drittel der untersuchten Proben geringer als 1.000 KBE/100 mL ist. Enthalten die Proben *E. coli* in Konzentrationen von >1.000 KBE/100 mL, sind in 58 % der Proben die die WHO-Richtwerte für Bewässerungswasser überschritten, auch *Campylobacter* in Konzentrationen von >1.000 KBE/100 mL enthalten. Bei Einhaltung der von der WHO vorgegebenen Richtwerte für Bewässerungswasser von Wurzelgemüse und niedrig wachsenden Feldfrüchten während der Hauptvegetationsperiode von Mai-September, liegen also die *Campylobacter*konzentrationen in den meisten Fällen unterhalb einer Konzentration von 1.000 KBE/100 mL.

Um weitere Aussagen zur Gefährdung der Bevölkerung durch mit *Campylobacter* kontaminiertes, roh verzehrtes Obst und Gemüse zu erhalten, müsste eine genauere quantitative Risikoabschätzung vorgenommen werden. Vom Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg wurde im Jahr 1999 eine Untersuchung zur Bestimmung des eventuellen Gesundheitsrisikos bei der Bewässerung durchgeführt (Kimmig et al., 1999). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine zweiwöchige Karenzzeit zwischen Bewässerung und Verzehr im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes eingehalten werden sollte. Diese Karenzzeit ist ausreichend, wenn die Wasserqualität mindestens Eignungsklasse 3 nach DIN 19650 „Bewässerungswasser – Hygienische Belange von Bewässerungswasser“ entspricht. Eignungsklasse 3 wird erreicht, wenn im Wasser weniger als 2.000 *E. coli*/100 mL und weniger als 400 Fäkalstreptokokken/100 mL nachgewiesen werden können (DIN 19650, 1999). Damit ist nach DIN 19650 im Vergleich zur WHO-Guideline die doppelte Menge an *E. coli* erlaubt, allerdings wird eine Karenzzeit gefordert. Das Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg empfiehlt aufgrund seiner Untersuchungen weiterhin, dass in begründeten Ausnahmefällen, z.B. bei drohendem Ernteverlust, Wasser, welches die Eignungsklasse 3 um maximal das Doppelte überschreitet, noch verwendet werden darf (Kimmig et al., 1999). Um eine nicht gesundheitsgefährdende Bewässerung von Feldern mit Swistwasser zu ermöglichen, ist eine Reduktion der Gewässerbelastung mit potentiell pathogenen Mikroorganismen anzustreben (Stauffer et al., 2001). Zu-

sätzlich kann ein Monitoring der *E. coli*-Konzentrationen zumindest eine Verringerung des Infektionsrisikos bewirken. Übersteigen die *E. coli*-Konzentrationen den Richtwert der WHO von 10.000 KBE/100 mL, dann sollte von einer Verwendung des Wassers abgesehen werden.

Neben der Bewässerung dienen die Gewässer auch als Viehtränke. Besonders Rinder und Pferde haben in den Einzugsgebieten Zugang zu den Gewässern (vgl. Abb. 51). Bei der Begehung der untersuchten Gewässerabschnitte an der Swist und am Jungbach wurden insgesamt 44 Viehtrittstellen festgestellt. Diese befinden sich hauptsächlich in den Oberläufen, wo keine Punktquellen, z.B. Kläranlagen, die Gewässer kontaminieren. Für die Landwirte stellen die Gewässer eine kostenlose, kontinuierliche Wasserquelle dar, die gerne genutzt wird. Dies, obwohl die Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer des Landes Nordrhein-Westfalen (AGA, 1991) die direkte Entnahme, da dem Vieh Wasser zur Tränkung gegeben werden soll, das Trinkwasserqualität aufweist. Hierdurch wird der Tatsache Rechnung getragen, dass viele infektiöse Tierkrankheiten über Wasser übertragen werden können und dies auch im Sinne des Verbraucherschutzes vermieden werden soll. So wurde einer der wenigen in Deutschland nachgewiesenen Campylobacter epidemien durch den Genuss von Rohmilch ausgelöst (Liefertucht, 1999). Die Durchseuchung sowohl von Milchkühen als auch von Geflügelpopulationen mit Campylobacter kann über kontaminiertes Wasser erfolgen und stellt ein signifikantes Infektionsrisiko dar, wenn die Viehtränkung mit Oberflächenwasser durchgeführt wird. Dieses Risiko wird aktuell in seiner Bedeutung wohl unterschätzt. Ein einzelnes infiziertes Tier kann zu einer Durchseuchung der gesamten Herde und der Umgebung führen (Humphrey und Beckett, 1987, Moore et al., 2005). Vor allem spielt Oberflächenwasser als Übertragungsweg für Campylobacter eine bedeutende Rolle und durch eine Reduktion der Campylobacterkonzentrationen im Oberflächenwasser würde sich das Infektionsrisiko für Mensch und Tier verringern lassen.

#### **6.4 Reduzierung von Campylobacter in Gewässern**

Alle Wasserressourcen sollten soweit wie möglich vor Kontaminationen durch menschliche und tierische Ausscheidungen geschützt werden, da diese eine Vielzahl viraler, bakterieller und parasitischer Krankheitserreger enthalten können. Fehlt ein adäquater Schutz, besteht für die Bevölkerung das Risiko von Ausbrüchen intestinaler und anderer infektiöser Krankheiten (Bartram et al., 2002). Eine Methode, um die Auswirkungen von Krankheiten auf die Lebenserwartung zu ermitteln, ist die Berechnung der disability adjusted life years (DALY). Also die Summe der Lebensjahre, um

die sich die theoretische Lebenserwartung einer Bevölkerung durch das vorzeitige Versterben in Folge von Krankheiten, reduziert und der Lebensjahre, die in Folge von Krankheit nur mit Einschränkungen gelebt werden. Diese Methode kann sowohl für bestimmte Krankheiten und deren Folgekrankheiten als auch für bestimmte Bevölkerungsgruppen verwendet werden. Im Falle von Campylobacteriose werden die DALYs durch das Auftreten von Gastroenteritis, dem Guillain-Barre-Syndrom und der reaktiven Arthritis bestimmt. Für die Niederlande wurde von Havelaar et. al. die Belastung durch die Campylobacteriose innerhalb der Bevölkerung auf 1.400 DALY pro Jahr geschätzt (Havelaar et al., 2000). Die Niederlande hat eine Gesamtbevölkerung von ca. 15 Mio. Einwohnern. Wohingegen die deutsche Gesamtbevölkerung 82 Mio. Menschen umfasst. Geht man von einer ähnlichen Altersstruktur, Exposition und sozioökonomischen Gesellschaftsstruktur in beiden Ländern aus, dann können für Deutschland 7.650 DALY pro Jahr extrapoliert werden.

Die DALY für Campylobacteriose werden geringer, wenn in der Bevölkerung weniger Krankheiten mit dem Infektionserreger *Campylobacter* auftreten. Der Schutz vor Krankheitsausbrüchen durch *Campylobacter* kann durch die Unterbrechung von Übertragungswegen erreicht werden. Dazu muss das Vorkommen von *Campylobacter* in Lebensmitteln, Tieren, die Lebensmittel liefern, Badegewässern und auch Trinkwasserressourcen vermieden werden. Da *Campylobacter* sowohl über natürliche als auch anthropogene Pfade Gewässer kontaminieren können, hilft die Reduktion dieser Eintragspfade, Infektionen zu vermeiden und damit die öffentliche Gesundheit zu fördern.

Reduzieren lassen sich grundsätzlich sowohl die natürlichen als auch die anthropogenen Eintragspfade, beide Arten jedoch in unterschiedlichem Ausmaß. Die natürlichen Eintragspfade für *Campylobacter* sind wohl nur eingeschränkt zu verringern, da Wild und Wildvögeln als Hauptreservoir der Bakterien der Zugang zu Gewässern nicht verwehrt werden kann. Um den Eintrag aus Fäkalien zu begrenzen, sind Kontrollen der Wildpopulationsdichte möglich und im Rahmen einer nachhaltigen Jagd auch wünschenswert. Die Population an Wasservögeln kann ebenfalls durch Bejagung kontrolliert werden, hier sollte zudem auch eine Einschränkung der Fütterung erfolgen. Dies hätte zwei Effekte, die Population würde nicht unnatürlich durch ein hohes Futterangebot begünstigt werden und damit vermehrt Fäkalien das Gewässer abgeben können. Des Weiteren wird eine Ansammlung der Tiere an bestimmten Stellen vermieden und somit das kumulierte Auftreten von Fäkalienmengen an bestimmten Stellen begrenzt. Wie sich an einem Badesee in der Eifel gezeigt hat, können Wasservögel die Badegewässerqualität nachhaltig verschlechtern. Im genannten



Fallbeispiel musste ein Badeverbot über den See verhängt werden, da die hygienisch-mikrobiologische Wasserqualität ein Infektionsrisiko befürchten ließ. Eine entscheidende Maßnahme, um die Wasserqualität zu verbessern, war ein striktes Fütterungsverbot für Enten und Schwäne, die die Badestrände gerne in großen Stückzahlen aufsuchten (pers. Mitteilung Prof. Exner).

Eine weitere Methode zur Vermeidung von Gewässerkontaminationen ist die Auszäunung von Weidevieh und die Einrichtung von Gewässerrandstreifen als Pufferzonen. Hierdurch wird der Oberflächenabfluss zurückgehalten und dadurch auch der Eintrag von *Campylobacter* verringert (Collins und Rutherford, 2004). Auch wenn die Auszäunung eine wirksame Maßnahme zur Kontrolle der Gewässerkontaminationen durch Weidevieh ist, weist die Methode in der Praxis Mängel auf. So wird das Prinzip der Viehauszäunung vom Wahnbachtalsperrenverband in einer Kooperation mit der ansässigen Landwirtschaft gefördert. Es zeigt sich jedoch in der Praxis, dass eine vollständige Kontrolle des gesamten Einzugsgebietes kaum möglich ist (vgl. Kapitel 3.1.3). Auch wird weiterhin Vieh durch Talsperrenzuflüsse getrieben und dies führt so neben einer Resuspension von Sedimenten und damit Verlagerung von sedimentierten Mikroorganismen auch zu einer erhöhten Kontaminationsgefahr resultierend aus ausgeschiedenen *Campylobacter* fäkalen Ursprungs. Konkrete Zahlen zur tatsächlichen Reduktion der vorhandenen *Campylobacter*konzentration aufgrund von Maßnahmen, die natürliche Einträge und Eintragspfade aus der Landwirtschaft begrenzen oder verhindern, liegen in der Literatur nicht vor. Aufgrund der Frachtberechnung (vgl. Kapitel 6.2.1) kann jedoch postuliert werden, dass in Gebieten, in denen die landwirtschaftliche Weidenutzung von Flächen dominiert und kein nennenswerter Ackerbau betrieben wird, die 25-fache Menge *Campylobacter* in Gewässer gelangen im Vergleich zu forstwirtschaftlich genutzten Gebieten. Durch die vollständige Aufgabe der Viehhaltung würde sich also theoretisch eine *Campylobacter*reduktion von mehr als einer  $\text{Log}_{10}$ -Stufe erreichen lassen.

Obwohl das Ausmaß des Eintrages von *Campylobacter* über Ackerflächen noch nicht abgeschätzt werden kann, da Untersuchungen zur Gewässerkontamination mit *Campylobacter* durch Oberflächenabfluss aus Ackerflächen nicht vorliegen, sollen an dieser Stelle einige „Schlüsselaspekte“ für den Eintrag kurz angesprochen werden. Wirtschaftsdünger wird auf die Ackerflächen in der Regel in Form von Flüssigmist ausgebracht. Durch die Lagerung des Düngers vor dem Ausbringen auf die Ackerflächen werden *Campylobacter* zum Teil abgetötet. Jedoch scheiden infizierte Kühe große Mengen *Campylobacter* aus und die Ausbringung des Düngers erfolgt zu Beginn der Vegetationsperiode, sodass Abschwemmung aufgrund fehlenden Bewuch-

ses häufiger auftreten als im späteren Jahresverlauf. Auch spielen das Relief und der Bodentyp eine wichtige Rolle für die Abflussverhältnisse und kann die Wasserqualität sogar stärker beeinflussen als ein Gewässerrandstreifen von 100m Breite (Sliva und Williams, 2001). Insgesamt sind die wirksamen, diesen Eintragspfad beeinflussenden Mechanismen sehr komplex und stellen eine eigene Forschungsaufgabe dar.

Besser als diffuse Quellen lassen sich die das Gewässer beeinflussenden Punktquellen Abwasser und Niederschlagswassereinleitungen charakterisieren. Abwasser ist der Haupteintragspfad für vom Menschen ausgeschiedene *Campylobacter*. Durch den Bau von Kläranlagen lassen sich Gewässerbelastungen mit pathogenen Mikroorganismen verringern, sodass auch Badegewässer wieder nutzbar werden, wie das Beispiel der britischen Morecambe Bay gezeigt hat (Obiri-Danso und Jones, 1999b). Auf der anderen Seite können Kläranlagen auch die Hauptbelastungsquelle für mikrobielle Belastungen des Gewässers sein (Kistemann et al., 2004). Dies wurde in Deutschland am Beispiel der Lahn deutlich (Graw und Borchardt, 1995). Eine Reduktion hygienisch-mikrobiologischer Parameter, die aus den Kläranlagen nach der Abwasserreinigung in den Vorfluter abgegeben werden, kann vor allem durch den technischen Ausbau der Kläranlagen, wie dem Einbau einer zusätzlichen Filtrationsstufe oder einer darüber hinausgehenden UV-Desinfektion, erreicht werden. In einigen Ländern wird nicht nur eine Reduktion hygienisch-mikrobiologisch relevanter Bakterien in der Abwasserreinigung verlangt, sondern eine Desinfektion des Abwassers durchgeführt (Graw und Borchardt, 1995, Rose et al., 1996). Hierzu wird u. a. Chlor eingesetzt, mit dem Nachteil, dass der Vorfluter große Mengen Chlor aufnehmen muss.

Auch der Ausbau bestehender Kompaktanlagen oder deren Schließung und Umleitung des Abwassers in besser ausgebaute Anlagen die mikrobielle Belastung deutlich reduzieren. Dies führt auch zu einer deutlichen Reduktion der *Campylobacter*, wie dies die Reduktionsleistungen der untersuchten Kläranlagen belegen (siehe Kapitel 6.2.2). So wird von den untersuchten großen modernen Kläranlagen gereinigtes Abwasser mit niedrigeren *Campylobacter*konzentrationen in die Gewässer eingeleitet als im Wasser vorhanden ist. Kompaktanlagen reduzieren *Campylobacter* dagegen nur in geringem Maße und tragen zu einem messbaren *Campylobacter*anstieg bei. Für die Swist konnte abgeschätzt werden, dass ca. 20 % der Trockenwetterfracht an *Campylobacter*, die im Gewässer vorhanden sind, aus gereinigtem Abwasser der Kläranlagen stammen (s. Tab. 26). Diese werden kontinuierlich über das Jahr verteilt eingetragen. Die restlichen 80 % der Erreger aus der Trockenwetterfracht gelangen aus Abschwemmung von Acker- und Weideflächen sowie Hofflächen in das Gewäs-

ser. Daneben finden sich im Einzugsgebiet viele Rohre, die Flächen drainieren, oder Einleitungsstellen darstellen, die nicht näher charakterisiert werden konnten. Denkbar sind Fehlan schlüsse, alte Abwasserrohre, die einzelne Hofstellen genutzt haben und vielleicht noch nutzen und über Kataster erfassten Drainagen.

In größerem Maße als die Trockenwettereinleitungen tragen Mischwassereinleitungen in Folge von Regenereignissen zur Belastung der Gewässer mit *Campylobacter* bei. Die abgeschlagenen *Campylobacter*konzentrationen im Mischwasser sind 1.000-mal höher als die in regulär gereinigtem Abwasser. Da der Anteil des Abflusses aus diffusen Quellen aufgrund von Regenereignissen nicht genauer quantifiziert werden kann, lässt sich der genaue Anteil von Mischwasser und diffusen Einträgen am mittleren Gewässerabfluss zur Zeit jedoch nicht bestimmen. Auch wenn das Mischwasser nur 5,25 % der Gesamtwassermenge der Swist ausmacht, bestimmt es im Gegensatz zur Trockenwetterfracht aus Kläranlagen die Gesamtfracht des Gewässers an *Campylobacter* maßgeblich.

Eine deutliche Verringerung der Gewässerbelastung mit *Campylobacter* ließe sich durch ein Verhindern von Mischwasserabschlägen erreichen. Dies ist durch verschiedene Maßnahmen denkbar. Zunächst ist die Verringerung der in die Kanalisation gelangenden Regenwassermenge wichtig. Aus diesem Grund ist die Reduzierung des Oberflächenabflusses im Einzugsgebiet der Kläranlagen und die Entsiegelung von Flächen anzustreben. Das anfallende Regenwasser kann in Form von Mulden-Rigolen-Systemen dezentral aufgefangen und versickert werden. Im Bereich von Dachflächen ist deren Abkoppelung vom Kanalsystem und eine Speicherung des Regenwassers denkbar. Bei Kläranlagen gilt es zu prüfen, ob das vorhandene Speichervolumen der Regenüberlaufbecken ausreicht, oder aber vergrößert werden muss, wenn im Einzugsgebiet keine weiteren Maßnahmen zur Verringerung des Mischwasseraufkommens erreicht werden können (Borchardt und Mehlhart, 1995). Daneben könnte Mischwasser durch eine Versickerung über Bodenfilter kostengünstig behandelt werden und somit eine Reduktion der *Campylobacter* erreicht werden. Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung des Mischwasseraufkommens ist die Trennkanalisation, in der Regenwasser und Abwasser getrennt voneinander abgeführt werden. Hierdurch kommt es zu keiner Vermischung des gering kontaminierten Regenwassers mit Pathogenen aus dem Abwasser und das Regenwasser kann, ohne eine hygienische Verschlechterung der Vorfluter befürchten zu müssen, eingeleitet werden. Regenwasser aus der Trennkanalisation kann auch in Becken gesammelt und gezielt versickert werden, sodass dieses Wasser der Grundwasserneubildung erhalten bleibt. Die Trennkanalisation steht damit in Einklang mit der EU-

WRRL, in der das Anstreben eines „... stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen...“ gefordert wird. Die Trennkanalisation wird aber bestehende Mischwassersysteme nur sehr begrenzt ersetzen können, da der komplette Umbau bestehender Kanalisationssysteme eine kaum zu leistende wirtschaftliche Herausforderung für die betreibenden Kommunen darstellt.

Insgesamt kann eine weitergehende Abwasser- und Niederschlagswasserbehandlung bis zu 50 % der auftretenden Gewässerbelastungen reduzieren (Imhoff, 1984) und auch zu einer Verbesserung der Gewässerqualität bezüglich hygienisch-mikrobiologisch relevanter Parameter, wie der *Campylobacter*, führen. Es wird allerdings immer eine individuelle Entscheidung bezogen auf das jeweilige Einzugsgebiet nötig sein, welche technischen Maßnahmen die besten Reduktionsleistungen erbringen. Aus Abwasser stammende *Campylobacter* lassen sich in Gemeinden mit bestehender Abwasserbehandlung am effektivsten durch die Vermeidung von Mischwasser und die Behandlung von anfallendem Mischwasser reduzieren.

Je mehr Nutzungen in einem Einzugsgebiet auftreten, desto mehr Maßnahmen können zur Reduzierung der *Campylobacter*fracht eingesetzt werden. Es werden immer den Umständen angepasste Entscheidungen zu treffen sein, welche Maßnahmen kostengünstig sind und in Relation die beste Reduktionsleistung bieten. Es ist zu erwarten, dass in Zukunft auch die dezentrale Abwasserbehandlung einen Beitrag leisten kann. Durch den Einsatz dezentraler Systeme wird kein oder nur wenig Mischwasser produziert, welches dezentral behandelt wird. Daneben sind dezentrale Anlagen prinzipiell eher als Trennsysteme ausgelegt, um eine stabile Abwasserbiologie aufrecht zu erhalten. Somit wird auch in diesen Anlagen die Reduktion der *Campylobacter* unterstützt und damit Vorfluter und andere Gewässer geschützt.

## 7. Fazit

### **Beeinflusst die Nutzung im Einzugsgebiet von Oberflächengewässern das Vorkommen von Campylobacter in den Gewässern?**

Der Eintrag von Campylobacter in die Gewässer ist deutlich abhängig von der im Einzugsgebiet bestehenden Nutzung. Während in Gebieten, die unter Wald liegen ausschließlich Wildtiere eine Eintragsquelle für Campylobacter darstellen, erhöht sich die im Gewässer anzutreffende Konzentration dieses Krankheitserregers um ein 10-faches, wenn vornehmlich Weidenutzung im Einzugsgebiet anzutreffen ist. Die Bedeutung der Ackernutzung konnte in dieser Arbeit nicht erfasst werden, weil es kein Einzugsgebiet mit homogener Ackernutzung gab. Hier müsste eine weitergehende wissenschaftliche Untersuchung eines kleinen Einzugsgebietes erfolgen, bei der die Ackernutzung entsprechend berücksichtigt wird

### **Welche Auswirkungen haben Niederschlagsereignisse auf die Campylobacterkonzentrationen im Gewässer?**

Durch Niederschlagsereignisse kommt es zu Oberflächenabfluss und damit zur Remobilisation von Bakterien. Dies wirkt sich unabhängig von der Nutzung direkt auf den Nachweis der Campylobacter aus, der hierdurch erhöht wird. Der Konzentrationsanstieg im Gewässer unterliegt dabei auch saisonalen Effekten, ist abhängig vom Relief und der Flächennutzung in Gewässernähe. Eine genaue Quantifizierung des Ausmaßes des Campylobactereintrages aus diffusen Quellen war nicht möglich, da von den untersuchten Gebieten nur eines mit homogener Nutzung vorlag. Die anderen drei Einzugsgebiete waren inhomogen. Zur spezifischen Erfassung der diffusen Quellen sind zudem Methoden nötig, die den diffusen Abfluss einer Nutzungsart getrennt von anderen Abflüssen getrennt auffangen. Dies konnte in der vorliegenden Arbeit nicht geleistet werden.

### **In welchem Maße werden Campylobacter über Kläranlagen in die Gewässer eingebracht?**

Für den Eintrag von Campylobacter über Kläranlagen muss nach Anlagentyp und damit Ausbaugrad und Betriebsbedingungen unterschieden werden. Es konnte festgestellt werden, dass kleine einfach aufgebaute Kläranlagen höhere Campylobacterkonzentrationen in das Gewässer einbringen als größere Anlagen mit einer weitergehenden Aufbereitung. Allerdings ist die Abwassermenge aus den kleinen Anlagen deutlich geringer als aus den großen Anlagen.

### **Zu welchem Anteil sind diffuse oder Punktquellen für das Auftreten von Campylobacter im Gewässer verantwortlich?**

Insgesamt stammen bei Trockenwetter lediglich 19,6 % der Campylobacterfracht aus regulär gereinigtem Abwasser aus Kläranlagen. Die über die Kläranlagen eingeleitete Wassermenge kann insbesondere im Sommer bis zu zwei Drittel des Abflusses im Einzugsgebiet ausmachen. Der Anteil der diffusen Quellen an der Campylobacterfracht ist bei Trockenwetter sehr groß, es kann aber aufgrund der vorliegenden Daten nicht genau differenziert werden, welche diffuse Quelle welchen Anteil ausmacht.

Bei Regen erhöhen sich die Austräge aus den Flächen über Oberflächenabfluss und daneben kommt es teilweise zu Mischwasserabschlägen. Diese machen ca. 6,8 % des jährlichen Gewässerabflusses bei Regenwetter aus, tragen aber mit 42 % zur Campylobacterfracht bei. Die Punktquelle Mischwasserabschlag ist also der Haupteintragspfad für Campylobacter.

### **Sind Kläranlagen in der Lage, die Campylobacterkonzentrationen im Abwasser zu reduzieren?**

Unter regulären Betriebsbedingungen ist die Reinigungsleistung einzelner Kläranlagen hinsichtlich des Parameters Campylobacter unterschiedlich und abhängig vom Ausbaugrad und Aufbau der Anlage. Da Campylobacter mikroaerophil sind, wirkt der Kontakt mit großen Mengen Sauerstoff toxisch auf sie. Dies spiegelt sich in der guten Reinigungsleistung von Kläranlagen wider, die über Tropfkörper verfügen. Weiterhin reinigen Kläranlagen, die über eine nachgeschaltete Filtration verfügen, das Abwasser gut für alle Bakterien einschließlich Campylobacter.

Zur Verringerung des Eintrages von Campylobacter in Gewässer müssten Kläranlagen entweder mit Tropfkörpern ausgestattet werden, oder aber durch eine weitergehende Filtration eine ausreichende Reduktion erreichen. Inwieweit dies auch bei dezentralen Kläranlagen möglich ist, wird vor allem vom Aufbau der jeweiligen Anlage abhängen.

Heutzutage umfasst die dezentrale Abwasserbehandlung neben den bekannten Pflanzenkläranlagen auch immer häufiger Anlagen in denen das Abwasser in einem Membran-Batch-Reaktoren (MBR) gereinigt wird. Vermutlich wird die Reinigungsleistung von Anlagen, die als MBR aufgebaut sind, gut sein, da durch die Membranfiltration Bakterien zurückgehalten werden. Unklar ist dagegen, wie die Rückhaltekapazität von Pflanzenkläranlagen bezüglich Campylobacter ist. Hier wären weitere Unter-

suchungen erforderlich, die auch die verschiedenen Jahreszeiten berücksichtigen müssten.

### **Resultieren aus dem Vorkommen von Campylobacter gesundheitliche Risiken und lassen sich diese spezifizieren?**

Gesundheitliche Risiken können aus unterschiedlichen Gewässernutzungen resultieren. Neben der Nutzung als Trinkwasser und dem direkten Kontakt bei einer Nutzung als Badegewässer, kann auch ein Risiko aus einem indirekten Kontakt resultieren, z.B. über kontaminiertes Gemüse. Da Campylobacter eine geringe Infektionsdosis hat, können schon geringe Konzentrationen ein ernsthaftes Risiko darstellen. Für die Trinkwasserversorgung sollte ein Einzugsgebietsmanagement betrieben werden, bei dem auf der Vermeidung des Eintrags von Campylobacter, als einer Vermeidung von Fäkalien, der größte Wert gelegt werden. Insbesondere sollte bei der Rohwassergewinnung Wert auf Veränderungen der Trübungswerte gelegt werden. Ansteigende Trübungswerte in Einzugsgebieten mit ausschließlich diffusen Eintragspfaden für Campylobacter zeigen Abschwemmungen aus Oberflächen an und somit ist auch der Eintrag von Campylobacter wahrscheinlich.

Aufgrund der relativ geringen Tenazität kann eine weitere Reduktion, z.B. durch eine Zwischenspeicherung des Wassers in einem Talsperrenkörper, erreicht werden. Auch durch eine an die Rohwasserqualität angepasste Aufbereitung können Campylobacter aus dem Trinkwasser eliminiert werden. Hierzu reicht eine funktionierende Filtration aus, es kann aber auch mit Desinfektionsmitteln auf der Basis von Chlor gearbeitet werden.

Für Badende in Fließgewässern kann ein akutes Infektionsrisiko bestehen. In den Sommermonaten werden regelmäßig Campylobacterkonzentrationen erreicht, die ausreichend hoch sind, dass auch schon die Aufnahme geringer Wassermengen ausreicht, um Infektionen auszulösen. Ein besonderes Risiko besteht in Gebieten die unterhalb von Gewitter bedingten Regenabschlägen liegen. Hier besteht das Risiko hoher Campylobacterkonzentrationen an den Badestellen und somit ein erhöhtes Infektionsrisiko auch bei scheinbar günstigen und risikoarmen Umgebungsbedingungen.

Ein weiteres Gesundheitsrisiko resultiert aus der Verwendung von Oberflächenwasser zur Bewässerung. Da dieses Wasser ohne weitere Untersuchungen von den Landwirten verwendet wird, können Feldfrüchte mit Campylobacter kontaminiert werden. Handelt es sich um roh verzehrbares Obst oder Gemüse kann ein Infekti-

onsrisiko gegeben sein, wenn Karenzzeiten nicht eingehalten werden und vitale Campylobacter mit verzehrt werden.

Es konnte in dieser Arbeit dokumentiert werden, dass Campylobacter regelmäßig in Gewässern vorkommen. Die Konzentrationen reichen aus, um ein Infektionsrisiko für bestimmte anthropogene Nutzung darzustellen. Zur Verbesserung der Öffentlichen Gesundheit ist die Vermeidung des Eintrages von Campylobacter in unsere Gewässer wünschenswert. Hierzu müssen sowohl diffuse Quellen minimiert als auch insbesondere die Punktquellen als wichtiger Eintragspfad berücksichtigt werden. Die Vermeidung von Mischwasserabschlägen sollte dabei oberste Priorität haben



## 8. Literatur

- Aho, M., Kurki, M., Rautelin, H. und Kosunen, T. U. (1989) Waterborne outbreak of *Campylobacter* enteritis after outdoors infantry drill in Utti, Finland, *Epidemiol Infect*, **103**, 133-41.
- Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA), (1991), Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen/Nordrhein-Westfalen
- Allos, B. M. (2001) *Campylobacter jejuni* Infections: update on emerging issues and trends, *Clin Infect Dis*, **32**, 1201-6.
- Altekruse, S. F., Stern, N. J., Fields, P. I. und Swerdlow, D. L. (1999) *Campylobacter jejuni* - an emerging foodborne pathogen, *Emerg Infect Dis*, **5**, 28-35.
- Andersson, Y., de Yong, B. und Studahl, A. (1997) Waterborne *Campylobacter* in Sweden: The cost of an outbreak, *Water Science Technology*, **35**, 11-14.
- Arimi, S. M., Fricker, C. R. und Park, R. W. (1988) Occurrence of 'thermophilic' *Campylobacter* in sewage and their removal by treatment processes, *Epidemiol Infect*, **101**, 279-86.
- Arvanitidou, M., Stathopoulos, G. A., Constantinidis, T. C. und Katsouyannopoulos, V. (1995) The occurrence of *Salmonella*, *Campylobacter* and *Yersinia* spp. in river and lake waters, *Microbiol Res*, **150**, 153-8.
- AWWA (1999) *Waterborne Pathogens (M48)*, Hrsg. American Water Works Association, Denver.
- AWWARF (1991), *Effective Watershed Management for Surface Water Supplies*, AWWA Research Foundation
- Bartram, J., Thyssen, N., Gowers, A., Pond, K. und Lack, T. (Hrsg.) (2002) *Water and Health in Europe: A joint report from the European Environment Agency and the WHO Regional Office for Europe*, World Health Organization, Copenhagen.
- Becker, G., Mayr, A. und Temnitz, K. (1989) Sauerland - Siegerland - Wittgensteiner Land: Jahrestagung der Geographischen Kommission für Westfalen in Olpe 1989, *Spieker Landeskundliche Beiträge und Berichte*, **33**.
- Bever, J., Stein, A. und Teichmann, H. (1995) *Weitergehende Abwasserreinigung*, Hrsg. Oldenbourg Verlag, München.
- DIN 19650, 1999, *Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser*
- Björnsen (1998) Landwirtschaft Kalltalsperre - Teil 1, *Gutachten im Auftrag der Landwirtschaftskammer Rheinland, Bezirksstelle Aachen*.
- Black, R. E., Levine, M. M., Clements, M. L., Hughes, T. P. und Blaser, M. J. (1988) Experimental *Campylobacter jejuni* infections in humans, *J Infect. Dis.*, **157**, 472-479.
- Blackburn, B. G., Craun, G. F., Yoder, J. S., Hill, V., Calderon, R. L., Chen, N., Lee, S. H., Levy, D. A. und Beach, M. J. (2004) Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with drinking water--United States, 2001-2002, *MMWR Surveill Summ*, **53**, 23-45.
- Blaser, M. J. (2000) *Campylobacter jejuni* and related species, In *Principles and practice of infectious diseases*, (Hrsg., Mandell, G. L., Bennett, J. E. und Dolin, R.), Philadelphia. 2276-2285.

- Bolton, F. J., Coates, D., Hutchinson, D. N. und Godfree, A. F. (1987) A study of thermophilic campylobacters in a river system, *J Appl Bacteriol*, **62**, 167-76.
- Bolton, F. J., Surman, S. B., Martin, K., Wareing, D. R. und Humphrey, T. J. (1999) Presence of Campylobacter and Salmonella in sand from bathing beaches, *Epidemiol Infect*, **122**, 7-13.
- The Bonn charter for safe drinking water, (2004), International Water Association
- Borchardt, D. (1992) Wirkungen stoßartiger Belastungen auf ausgewählte Fließgewässerorganismen - Ein Beitrag zur Beurteilung ökologischer Schäden durch Niederschlagseinleitungen, *Wasser, Abwasser, Abfall*, 1-174.
- Borchardt, D. und Mehlhart, G. (1995) Sanierung der Abwasserbelastung eines Fließgewässers am Beispiel der Lahn - Teil I: Mischwassereinleitungen, *gwf Wasser Abwasser*, **136**, 587-594.
- Brennhovd, O., Kapperud, G. und Langeland, G. (1992) Survey of thermotolerant Campylobacter spp. and Yersinia spp. in three surface water sources in Norway, *Int J Food Microbiol*, **15**, 327-38.
- Briese, D. (1984), *Nutzungskonflikte und ihre Regelung in Einzugsgebieten von Trinkwassertalsperren unter besonderer Berücksichtigung des Wegenetzes - Dargestellt an ausgewählten Trinkwassertalsperren*, Dissertation am Geographischen Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen
- Broczyk, A., Thompson, S., Smith, D. und Lior, H. (1987) Water-borne outbreak of Campylobacter laridis-associated gastroenteritis, *Lancet*, **1**, 164-5.
- Brown, P. E., Christensen, O. F., Clough, H. E., Diggle, P. J., Hart, C. A., Hazel, S., Kemp, R., Leatherbarrow, A. J., Moore, A., Sutherst, J., Turner, J., Williams, N. J., Wright, E. J. und French, N. P. (2004) Frequency and spatial distribution of environmental Campylobacter spp, *Appl Environ Microbiol*, **70**, 6501-11.
- Buswell, C. M., Herlihy, Y. M., Lawrence, L. M., McGuiggan, J. T. M., Marsh, P. D., Keevil, C. W. und Leach, S. A. (1998) Extended survival and persistence of Campylobacter spp. in water and aquatic biofilms and their detection by immunofluorescent-antibody and rRNA staining, *Appl Environ Microbiol*, **64**, 733-741.
- Butzler, J. P. und Skirrow, M. B. (1979) Campylobacter enteritis, *Clin Gastroenterol*, **8**, 737-65.
- Byers, K. E., Guerrant, R. L. und Farr, B. M. (2001) Fecal-oral transmission, In *Epidemiologic methods for the study of infectious diseases*, (Hrsg., Thomas, J. C. und Weber, D. J.), Oxford.228-240.
- Carter, A. M., Pacha, R. E., Clark, G. W. und Williams, E. A. (1987) Seasonal occurrence of Campylobacter spp. in surface waters and their correlation with standard indicator bacteria, *Appl Environ Microbiol*, **53**, 523-6.
- Chapman, D. (Hrsg.) (1998) *Water Quality Assessments - A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, E&FN Spon, London.
- Chowdhury, D. und Arora, A. (2001) Axonal Guillain-Barre syndrome: a critical review, *Acta Neurol Scand*, **103**, 267-77.
- Coker, A. O., Isokpehi, R. D., Thomas, B. N., Amisu, K. O. und Obi, C. L. (2002) Human campylobacteriosis in developing countries, *Emerg Infect Dis*, **8**, 237-44.
- Collins, R. und Rutherford, K. (2004) Modelling bacterial water quality in streams draining pastoral land, *Water Res*, **38**, 700-12.

- Cool, I., Uyttendaele, M., Caro, C., D'Haese, E., Nelis, H. J. und Debevere, J. (2003) Survival of *Campylobacter jejuni* strains of different origin in drinking water, *J Appl Microbiol*, **94**, 886-892.
- Craun, G. F. (1990), Methods for investigation and prevention of waterborne disease outbreaks, U.S. Environmental Protection Agency
- Crowther, J., Kay, D. und Wyer, M. D. (2002) Faecal-indicator concentrations in waters draining lowland pastoral catchments in the UK: relationships with land use and farming practices, *Water Res*, **36**, 1725-34.
- 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**, 1194-1199.
- D'Aoust, J. Y., Park, C. E., Szabo, R. A., Todd, E. C., Emmons, D. B. und McKellar, R. C. (1988) Thermal inactivation of *Campylobacter* species, *Yersinia enterocolitica*, and hemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in fluid milk, *J Dairy Sci*, **71**, 3230-6.
- Daczowska-Kozon, E. und Brzostek-Nowakowska, J. (2001) *Campylobacter* spp. in waters of three main western Pomerania water bodies, *Int J Hyg Environ Health*, **203**, 435-43.
- Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D. und Bartram, J. (2005) *Water Safety Plans - Managing drinking-water quality from catchment to consumer*, Hrsg. World Health Organization, Geneva.
- Deißmann, G. (1996) Verteilung und Herkunft von Schwermetallen in Waldböden der Nordeifel, *Aachener Geowissenschaftliche Beiträge*, **18**.
- Djuretic, T., Wall, P. G. und Nichols, G. (1997) General outbreaks of infectious intestinal disease associated with milk and dairy products in England and Wales: 1992 to 1996, *Commun Dis Rep CDR Rev*, **7**, R41-5.
- Dokumentation wasserwirtschaftlicher Grundlagen - Bestandsaufnahme 2004*, (2005) <http://www.erft.nrw.de/Download/Grundlagen/index.jsp>, vom:
- Doyle, M. P. und Roman, D. J. (1981) Growth and survival of *Campylobacter fetus* susp. *jejuni* as a function of temperature and pH, *J Food Protect*, **44**, 596-601.
- Dufour, A., Snozzi, M., Koster, W., Bartram, J., Ronchi, E. und Fewtrell, L. (Hrsg.) (2003) *Assessing microbial safety of drinking water*, IWA, on behalf of WHO and the OECD, London.
- Dufour, A. P., Evans, O., Behymer, T. D. und Cantu, R. (2006) Water ingestion during swimming activities in a pool: a pilot study, *J Water Health*, **4**, 425-30.
- Duke, L. A., Breathnach, A. S., Jenkins, D. R., Harkis, B. A. und Codd, A. W. (1996) A mixed outbreak of cryptosporidium and campylobacter infection associated with a private water supply, *Epidemiol Infect*, **116**, 303-8.
- Dwight, R. H., Fernandez, L. M., Baker, D. C., Semenzad, J. C. und Olson, B. H. (2005) Estimating the economic burden from illnesses associated with recreational coastal water pollution—a case study in Orange County, California, *J Environ Management*, **76**, 95-103.
- Egli, T., Köster, W. und Meile, L. (2002) Pathogenic microbes in water and food: changes and challenges, *FEMS Microbiology Reviews*, **26**, 111-112.
- Eichenauer, H., Mayr, A. und Temnitz, K. (1995) *Städte und Gemeinden in Westfalen: Der Kreis Siegen-Wittgenstein*, Hrsg. unbekannt, Münster.

- Endtz, H. P., Vliegthart, J. S., Vandamme, P., Weverink, H. W., van den Braak, N. P., Verbrugh, H. A. und van Belkum, A. (1997) Genotypic diversity of *Campylobacter lari* isolated from mussels and oysters in The Netherlands, *Int J Food Microbiol*, **34**, 79-88.
- Engberg, J., Gerner-Smidt, P., Scheutz, F., Moller Nielsen, E., On, S. L. und Molbak, K. (1998) Water-borne *Campylobacter jejuni* infection in a Danish town---a 6-week continuous source outbreak, *Clin Microbiol Infect*, **4**, 648-656.
- Erftverband (1995), Gewässerauenprogramm NRW- Swist. Teil I: Wassewirtschaft und Ökologie. Kurzfassung,
- Erftverband (1996), Jahresbericht 1996, Erft-Verband
- Erftverband (1998), Gruppenklärwerk Flerzheim, Erftverband
- Escherich, T. (1886) Beiträge zur Kenntniss der Darmbakterien. III. Über das Vorkommen von Vibrionen im Darmcanal und den Stuhlgängen der Säuglinge, *Munch. Med. Wschr.*, **33**, 815-817, 833-835.
- Evans, M. R., Ribeiro, C. D. und Salmon, R. L. (2003) Hazards of healthy living: bottled water and salad vegetables as risk factors for *Campylobacter* infection, *Emerg Infect Dis*, **9**, 1219-25.
- Exner, M. (2003) Hygiene und Mikrobiologie- unter besonderer Berücksichtigung der Wasserversorgung, *Hygiene und Medizin*, **28**, 483- 494.
- Exposure factors handbook, (1997), U.S. Environmental Protection Agency
- Eyles, R., Niyogi, D., Townsend, C., Benwell, G. und Weinstein, P. (2003) Spatial and temporal patterns of *Campylobacter* contamination underlying public health risk in the Taieri River, New Zealand, *J Environ Qual*, **32**, 1820-8.
- Feuerpfeil, I., Vobach, V. und Schulze, E. (1997) *Campylobacter* und *Yersinia*-Vorkommen im Rohwasser und Verhalten in der Trinkwasseraufbereitung, In *Vorkommen und Verhalten von Mikroorganismen und Viren im Trinkwasser*, Bonn.63-89.
- Fischer, M. (1982) Abflußmessungen mit Tracern nach dem Verdünnungsverfahren, *Beiträge zur Geologie der Schweiz-Hydrologie*, **28**, 447-458.
- Franke, P. und Frey, W. (1987) *Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland*, Hrsg. DNK - DVWK Berlin.
- Frost, J. A., Gillespie, I. A. und O'Brien, S. J. (2002) Public health implications of *Campylobacter* outbreaks in England and Wales, 1995-9: epidemiological and microbiological investigations, *Epidemiol Infect*, **128**, 111-8.
- 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**, 109-19.
- Galunder, R. (1994) Untersuchungen zur Dorfflora und Dorfvegetation im südlichen Bergischen Land, *Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde*, **65**, 4-19.
- Bundesrepublik Deutschland (2005), *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)*,
- Ghinsberg, R. C., Bar Dov, L., Rogol, M., Sheinberg, Y. und Nitzan, Y. (1994) Monitoring of selected bacteria and fungi in sand and sea water along the Tel Aviv coast, *Microbios*, **77**, 29-40.

- Graw, M. und Borchardt, D. (1995) Hygienerrelevante Belastungen von Fließgewässern - Bewertung und Sanierungsmöglichkeiten am Beispiel Lahn, *gwf Wasser Abwasser*, **136**, 567-571.
- Grebe, W. (o. J.) *Obernau-Talsperre (Broschüre zur Einweihung der Talsperre)*, Hrsg. Unbekannt.
- Gropp, J. (1992) Ernährungsphysiologische Voraussetzungen für vorfluterentlastende Futterrationen, *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes E.V.*, **56**, 27-38.
- Hanninen, M. L., Haajanen, H., Pummi, T., Wermundsen, K., Katila, M. L., Sarkkinen, H., Miettinen, I. und Rautelin, H. (2003) Detection and typing of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* and analysis of indicator organisms in three waterborne outbreaks in Finland, *Appl Environ Microbiol*, **69**, 1391-6.
- 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**, 44-59.
- Hastings, D. H. (1978) *Campylobacter enteritis* in pets, *Lancet*, **2**, 1249-50.
- Hattaka, M., Johansson, T., Kuusi, M., Maijala, R., Pakkala, P. und Siitonen, A. (2003), Foodborne and waterborne outbreaks in Finland in 2002, National Food Agency
- Havelaar, A. H., de Wit, M. A. S., van Koningsveld, R. und van Kempen, E. (2000) Health burdens in the Netherlands due to infection with thermophilic *Campylobacter* spp., *Epidemiol Infect*, **125**, 505-522.
- Hearnden, M., Skelly, C., Eyles, R. und Weinstein, P. (2003) The regionality of campylobacteriosis seasonality in New Zealand, *Int J Environ Health Res*, **13**, 337-48.
- Hennessy, E. P. (2004) An outbreak of campylobacteriosis amongst directing staff and students at the Infantry Training Centre, Brecon, Wales, March 2004, *Journal of the Royal Army Medical Corps*, **150**, 175-178.
- Herzog, W. und Troll, C. (1968) *Die Landnutzungskarte Nordrhein 1:100 000, Blatt 1: Köln-Bonn*, Hrsg. Troll, C., Hahn, H., Kuls, W., Lauer, W., Bonn.
- Hiekel, S., Merkel, W. und Overath, H. (2002) Bewertung der Einleitung von Kläranlagenabläufen in kleine Fließgewässer nach der EG- Badegewässer- Richtlinie, *gwf Wasser Abwasser*, **143**, 784-790.
- Hijnen, W. A. M., Blokker, E. J. M., Smeets, P. W. M. H., Juhász-Holterman, M. H. A., Misere, D. W. J., F., W. und Feij, L. A. C. (2005), Microbial Risk Assessment of the drinking water production location Roetgen, KIWA N.V.
- Höller, C. (1988) Quantitative and qualitative studies of *Campylobacter* in a sewage treatment plant, *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg [B]*, **185**, 326-39.
- Hörman, A., Rimhanen-Finne, R., Maunula, L., von Bonsdorff, C. H., Torvela, N., Heikinheimo, A. und Hanninen, M. L. (2004) *Campylobacter* spp., *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., noroviruses, and indicator organisms in surface water in southwestern Finland, 2000-2001, *Appl Environ Microbiol*, **70**, 87-95.
- Hosang, W. und Bischof, W. (1998) *Abwassertechnik*, Hrsg. B.G.Teubner, Stuttgart, Leipzig.
- Hrudey, S. E. und Hrudey, E. J. (2004) *Safe drinking water*, Hrsg. IWA Publishing, London, UK.

- Humphrey, T. J. und Beckett, P. (1987) *Campylobacter jejuni* in dairy cows and raw milk, *Epidemiol Infect*, **98**, 263-9.
- Hunter, P. R. (1997) *Waterborne disease: epidemiology and ecology*, Hrsg. Wiley&Sons, Chichester.
- Hutchison, M. L., Walters, L. D., Moore, T., Thomas, D. J. und Avery, S. M. (2005) Fate of pathogens present in livestock wastes spread onto fescue plots, *Appl Environ Microbiol*, **71**, 691-6.
- Imhoff, K. R. (1984) Zur Entwicklung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes in der Bundesrepublik Deutschland, *Technik und Wissenschaft im Wasserfach (gwf)* **125**, 216-221.
- Inglis, G. D., Kalischuk, L. D. und Busz, H. W. (2004) Chronic shedding of *Campylobacter* species in beef cattle, *J Appl Microbiol*, **97**, 410-20.
- Jacob, J., Bindemann, U. und Stelzer, W. (1991) Characterization of thermophilic *Campylobacter* species originated from a high-rate sewage treatment plant, *Zentralbl Hyg Umweltmed*, **192**, 14-24.
- Jones, K. (2001) *Campylobacter* in water, sewage and the environment, *Symp Ser Soc Appl Microbiol*, 68S-79S.
- Kahlenborn, W. und Kraemer, A. (1999) *Nachhaltige Wasserwirtschaft in Deutschland*, Hrsg. Springer-Verlag, Berlin.
- Kay, D., Fleisher, J. M., Salmon, R. L., Jones, F., Wyer, M. D., Godfree, A. F., Zele-nauch-Jacquotte, Z. und Shore, R. (1994) Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure, *Lancet*, **344**, 905-509.
- Kay, D. und McDonald, A. (1983) Predicting coliform concentrations in upland impoundments: Design and calibration of a multivariate model, *Appl Environ Microbiol*, **46**, 611-618.
- Kayser, F. H., Bienz, K. A., J., E. und M., Z. R. (1998) *Medizinische Mikrobiologie*, Hrsg. Georg Thieme, Stuttgart.
- Kayser, R., Boll, R. und Müller, H. (1987) Quantitative Untersuchungen zur Elimination von *Salmonellen* durch biologische Abwasserbehandlung, *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene*, **184**, 195-205.
- Kiemstedt, H., Trommsdorff, U. und Wirz, S. (1982), Gutachten zur Umweltverträglichkeit der Bundesautobahn 4,
- Kim, J.-W. (1989), Funktionale Fluvialmorphologie der Kall,
- Kimmig, P., Meyer, J. und Schönauer, T. (1999), Jahresbericht 1999: Experimentelle Untersuchung zur Abklärung eines eventuellen Gesundheitsrisikos bei Beregnung von Pflanzenkulturen mit Oberflächenwässern, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg
- Kist, M. (1986) [Who discovered *Campylobacter jejuni/coli*? A review of hitherto disregarded literature], *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg [A]*, **261**, 177-86.
- Kist, M. (2001) Die Gattungen *Streptobacillus*, *Campylobacter*, *Arcobacter* und *Helicobacter*, In *Medizinische Mikrobiologie*, (Hrsg., Pulverer, G.), München.
- Kistemann, T., Christoffels, E., Koch, C., Claßen, T., Rechenburg, A. und Exner, M. (2004), Untersuchungen zur mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Regenent-

lastungen der Mischkanalisation am Beispiel der Swist, Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn, Erftverband

Kistemann, T., Classen, T. und Exner, M. (2003) Epidemiologisch bestätigt: Der erste Giardiasis-Ausbruch durch Trinkwasser in Deutschland, *bbr*, **07**, 40-46.

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**, 2188-2197.

Kistemann, T., Dangendorf, F., Koch, C., Fischeder, R. und Exner, M. (1998a) Mikrobielle Belastung von Trinkwassertalsperren-Zuläufen in Abhängigkeit vom Einzugsgebiet, *gwf Wasser Abwasser*, **139**, 517-522.

Kistemann, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R. und Exner, M. (1998b), Untersuchungen zur mikrobiellen Belastung von Siedlungsabwässern und Talsperrenzuläufen in unterschiedlichen Einzugsgebieten, Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit

Kistemann, T., Koch, C., Herbst, S., Rechenburg, A. und Exner, M. (2001), Untersuchungen zur mikrobiellen Fließgewässerbelastung durch Kläranlagen, Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit im Auftrag des MUNLV NRW

Koenraad, P. M., Hazelager, W. C., T., v. d. L., Beumer, R. R. und Rombouts, F. M. (1994) Survey of *Campylobacter* spp. in sewage plants in The Netherlands, *Food Microbiology*, 65-73.

Koenraad, P. M., Rombouts, F. M. und Notermans, S. (1997) Epidemiological aspects of thermophilic *Campylobacter* in water-related environments: A review, *Wat Env Res*, **69**, 52-63.

Korhonen, L. K. und Martikainen, P. J. (1991) Comparison of the survival of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in culturable form in surface water, *Can J Microbiol*, **37**, 530-533.

Kovats, R. S., Edwards, S. J., Charron, D., Cowden, J., D'Souza, R. M., Ebi, K. L., Gauci, C., Gerner-Smidt, P., Hajat, S., Hales, S., Hernandez Pezzi, G., Kriz, B., Kutsar, K., McKeown, P., Mellou, K., Menne, B., O'Brien, S., van Pelt, W. und Schmid, H. (2005) Climate variability and campylobacter infection: an international study, *Int J Biometeorol*, **49**, 207-14.

Kramer, M. H., Herwaldt, B. L., Craun, G. F., Calderon, R. L. und Juranek, D. D. (1996) Surveillance for waterborne-disease outbreaks--United States, 1993-1994, *Mor Mortal Wkly Rep CDC Surveill Summ*, **45**, 1-33.

Kurzbeschreibung Meckenheim, (1996) In *Strukturatlas Rhein Regio*, (Hrsg., Richter, B.), Köln.

Kurzbeschreibung Swisttal, (1996) In *Strukturatlas Rhein Regio*, (Hrsg., Richter, B.), Köln.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (1990) *Limnologie und Bedeutung ausgewählter Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland*, Wiesbaden.

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (1997), Gewässergütebericht 1996. Auswertung des Trendmeßprogramms 1990-1995, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1997) *Überwachung von Oberflächengewässern in Nordrhein-Westfalen*, Düsseldorf.

Larcher, W. (1994) Der Wasserhaushalt, In *Ökophysiologie der Pflanzen*, Stuttgart.

- Lehnert, M. (2003) *Die Zuckerrüben werfen die Blätter ab* In Generalanzeiger
- Lieftucht, A. (1999) An outbreak of campylobacter infection with a farm in Germany, *Eurosurveillance Weekly*, 1.
- Mac Kenzie, 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 et, a. I. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply [published erratum appears in N Engl J Med 1994 Oct 13;331(15):1035] [see comments], *N Engl J Med*, **331**, 161-7.
- Mascher, F. (1998) Hygienische Bewertung von Abwasser und Klärschlamm aus Kleinkläranlagen, *Umweltmed Forsch Prax*, **3**, 31-35.
- Maurer, A. M. und Sturchler, D. (2000) A waterborne outbreak of small round structured virus, campylobacter and shigella co-infections in La Neuveville, Switzerland, 1998, *Epidemiol Infect*, **125**, 325-32.
- McBride, G. B., Till, D., Ryan, T., Ball, A., Lewis, G., Palmer, S. und Weinstein, P. (2002) *Freshwater microbiology research programme: Pathogen occurrence and human health risk assessment analysis*, <http://www.mfe.govt.nz/publications/water/freshwater-microbiology-nov02/>, vom: 2.11.2006
- Medema, G. J., Shaw, S., Waite, M., Snozzi, M., Morreau, A. und Grabow, W. O. K. (2003) Catchment characterisation and source water quality, In *Assessing microbial safety of drinking water*, (Hrsg., Dufour, A., Snozzi, M., Koster, W., Bartram, J., Ronchi, E. und Fewtrell, L.), London.
- Melby, K., Gondrosen, B., Gregusson, S., Ribe, H. und Dahl, O. P. (1991) Waterborne campylobacteriosis in northern Norway, *Int J Food Microbiol*, **12**, 151-6.
- Mentzing, L. O. (1981) Waterborne outbreaks of campylobacter enteritis in central Sweden, *Lancet*, **2**, 352-4.
- Merritt, A., Miles, R. und Bates, J. (1999) An outbreak of Campylobacter enteritis on an island resort, north Queensland, *Commun Dis Intell*, **23**, 215-9; discussion 220.
- Methods for investigation and prevention of waterborne disease outbreaks, (1990), U.S. Environmental Protection Agency
- Meynen, E., Schmithüsen, J., Gellert, J., Neef, E., Müller-Niny, H. und Schultze, J. H. (Hrsg.) (1959) *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*, Bonn.
- Michaud, S., Menard, S. und Arbeit, R. D. (2004) Campylobacteriosis, Eastern Townships, Quebec, *Emerg Infect Dis*, **10**, 1844-7.
- Moore, J. E., Corcoran, D., Dooley, J. S., Fanning, S., Lucey, B., Matsuda, M., McDowell, D. A., Megraud, F., Millar, B. C., O'Mahony, R., O'Riordan, L., O'Rourke, M., Rao, J. R., Rooney, P. J., Sails, A. und Whyte, P. (2005) Campylobacter, *Vet Res*, **36**, 351-82.
- MUNLV (Hrsg.) (1999) *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen*, Düsseldorf.
- Nagels, J. W., Davies-Colley, R. J., Donnison, A. M. und Muirhead, R. W. (2002) Faecal contamination over flood events in a pastoral agricultural stream in New Zealand, *Water Sci Technol*, **45**, 45-52.
- Nicke, H. (1979) Reliefgenerationen im südlichen Bergischen Land zwischen Wupper und Sieg, *Decheniana*, **134**, 302-310.



- Nygaard, K., Andersson, Y., Rottingen, J. A., Svensson, A., Lindback, J., Kistemann, T. und Giesecke, J. (2004) Association between environmental risk factors and campylobacter infections in Sweden, *Epidemiol Infect*, **132**, 317-25.
- O'Connor, D. (2002), Report of the Walkerton Inquiry: Part 1. The events of May 2000 and related issues, Government of Ontario
- Obiri-Danso, K. und Jones, K. (1999a) Distribution and seasonality of microbial indicators and thermophilic campylobacters in two freshwater bathing sites on the River Lune in northwest England, *J Appl Microbiol*, **87**, 822-32.
- Obiri-Danso, K. und Jones, K. (1999b) The effect of a new sewage treatment plant on faecal indicator numbers, campylobacters and bathing water compliance in Morecambe Bay, *J Appl Microbiol*, **86**, 603-14.
- Obiri-Danso, K., Jones, K. und Nigel, P. (1999) The effect of the time of sampling on the compliance of bathing water in NW England with the EU Directive on bathing water quality, *Journal of coastal conservation*, **5**, 51-58.
- Obiri-Danso, K., Paul, N. und Jones, K. (2001) The effects of UVB and temperature on the survival of natural populations and pure cultures of *Campylobacter jejuni*, *Camp. coli*, *Camp. lari* and urease-positive thermophilic campylobacters (UPTC) in surface waters, *J Appl Microbiol*, **90**, 256-67.
- Palmer, S. R., Gully, P. R., White, J. M., Pearson, A. D., Suckling, W. G., Jones, D. M., Rawes, J. C. und Penner, J. L. (1983) Water-borne outbreak of campylobacter gastroenteritis, *Lancet*, **1**, 287-90.
- Pebody, R. G., Ryan, M. J. und Wall, P. G. (1997) Outbreaks of campylobacter infection: rare events for a common pathogen, *Commun Dis Rep CDR Rev*, **7**, R33-7.
- Percival, S., Chalmers, R., Embrey, M., Hunter, P. R., Sellwood, J. und Wyn-Jones, P. (2004) *Campylobacter*, In *Microbiology of waterborne diseases*, Amsterdam.
- Popp, W. (1998) Mikrobiologische Bewertung von Fließgewässern, In *Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten*, München.475-489.
- Popp, W. (2000) Ursachen bakteriologischer Belastung von Seen, *Münchener Beiträge zur Abwasser*, **53**, 483-498.
- Prüss, A. (1998) Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water, *International Journal of Epidemiology*, **27**, 1-9.
- Europäische Union (2000), 2000/60/EG: *Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*,
- Europäische Union (1976), 76/160/EWG: *Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaft über die Qualität der Badegewässer*,
- Riegler, E. (2002) Beeinflussung der bakteriologischen Wasserqualität der Isar durch Regenentlastungen, *Mitglieder-Rundbrief ATV-DVWK Landesverband Bayern*, 40-41.
- Ritter, L., Solomon, K., Sibley, P., Hall, K., Keen, P., Mattu, G. und Linton, B. (2002) Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry, *J Toxicol Environ Health A*, **65**, 1-142.
- Rodrigues, L. C., Cowden, J. M., Wheeler, J. G., Sethi, D., Wall, P. G., Cumberland, P., Tompkins, D. S., Hudson, M. J., Roberts, J. A. und Roderick, P. J. (2001) The

- study of infectious intestinal disease in England: risk factors for cases of infectious intestinal disease with *Campylobacter jejuni* infection, *Epidemiol Infect*, **127**, 185-93.
- Roels, T. H., Wickus, B., Bostrom, H. H., Kazmierczak, J. J., Nicholson, M. A., Kurzynski, T. A. und Davis, J. P. (1998) A foodborne outbreak of *Campylobacter jejuni* (O:33) infection associated with tuna salad: a rare strain in an unusual vehicle, *Epidemiol Infect*, **121**, 281-7.
- Rogol, M., Sechter, I., Falk, H., Shtark, Y., Alfi, S., Greenberg, Z. und Mizrachi, R. (1983) Waterborne outbreak of *Campylobacter enteritis*, *Eur J Clin Microbiol*, **2**, 588-90.
- Rollins, D. M. und Colwell, R. R. (1986) Viable but nonculturable stage of *Campylobacter jejuni* and its role in survival in the natural aquatic environment, *Appl Environ Microbiol*, **52**, 531-8.
- 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**, 2785-2797.
- Rosef, O., Rettedal, G. und Lageide, L. (2001) Thermophilic campylobacters in surface water: a potential risk of campylobacteriosis, *Int J Environ Health Res*, **11**, 321-7.
- Sachs, L. (1997) *Angewandte Statistik*, Hrsg. Springer Verlag.
- Sacks, J. J., Lieb, S., Baldy, L. M., Berta, S., Patton, C. M., White, M. C., Bigler, W. J. und Witte, J. J. (1986) Epidemic campylobacteriosis associated with a community water supply, *Am J Public Health*, **76**, 424-8.
- Savill, M., Hudson, A., Devane, M., Garrett, N., Gilpin, B. und Ball, A. (2003) Elucidation of potential transmission routes of *Campylobacter* in New Zealand, *Water Sci Technol*, **47**, 33-38.
- Savill, M. G., Hudson, J. A., Ball, A., Klena, J. D., Scholes, P., Whyte, R. J., McCormick, R. E. und Jankovic, D. (2001) Enumeration of *Campylobacter* in New Zealand recreational and drinking waters, *J Appl Microbiol*, **91**, 38-46.
- Schijven, J. (2003) Schatting van the kans op infectie door *Campylobacter* via water, *H2O*, 27-30.
- Schindler, P. R. (2001) Hygiene der Badegewässer, *Gesundheitswesen*, 142-149.
- Schnepf, R. (1998) Probleme der kleineren Wasserversorgungsunternehmen, *gwf Wasser Abwasser*, **139**, 21-23.
- Schönberg-Norio, D., Takkinen, J., Hanninen, M. L., Katila, M. L., Kaukoranta, S. S., Mattila, L. und Rautelin, H. (2004) Swimming and *Campylobacter* infections, *Emerg Infect Dis*, **10**, 1474-7.
- 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*, Hrsg., Gießen.
- Schulze, E. (Hrsg.) (1996) *Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen. Methoden der biologischen Wasseruntersuchung 1*, Jena.
- Schuster, C. J., Ellis, A. G., Robertson, W. J., Charron, D. F., Aramini, J. J., Marshall, B. J. und Medeiros, D. T. (2005) Infectious disease outbreaks related to drinking water in Canada, 1974-2001, *Can J Public Health*, **96**, 254-8.

- Schütt, B. (1993) Der Stoffhaushalt der Kall/Nordeifel - Untersuchungen zum Wasserhaushalt, Schwebstoffhaushalt und Haushalt gelöster Stoffe in einem Flußeingangsgebiet auf silikatischen Gesteinen, *Aachener Geographische Arbeiten*, **27**.
- Skelly, C. und Weinstein, P. (2003) Pathogen survival trajectories: an eco-environmental approach to the modeling of human campylobacteriosis ecology, *Environ Health Perspect*, **111**, 19-28.
- Skirrow, M. B. (1977) Campylobacter enteritis: a "new" disease, *Br Med J*, **2**, 9-11.
- Sliva, L. und Williams, D. D. (2001) Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality, *Water Res*, **35**, 3462-72.
- Smith, A., Reacher, M., Smerdon, W., Adak, G. K., Nichols, G. und Chalmers, R. M. (2006) Outbreaks of waterborne infectious intestinal disease in England and Wales, 1992-2003, *Epidemiol Infect*, 1-9.
- Stampi, S., De Luca, G., Varoli, O. und Zanetti, F. (1999) Occurrence, removal and seasonal variation of thermophilic campylobacters and Arcobacter in sewage sludge, *Zentralbl Hyg Umweltmed*, **202**, 19-27.
- Stanley, K., Cunningham, R. und Jones, K. (1998a) Isolation of Campylobacter jejuni from groundwater, *J Appl Microbiol*, **85**, 187-91.
- Stanley, K. und Jones, K. (2003) Cattle and sheep farms as reservoirs of Campylobacter, *J Appl Microbiol*, **94 Suppl**, 104S-113S.
- Stanley, K., Wallace, J. S. und Jones, K. (1998b) Note: Thermophilic campylobacters in dairy slurries on Lancashire farms: seasonal effects of storage and land application, *J Appl Microbiol*, **85**, 405-409.
- Stauffer, F., Makristathis, A., Hassl, A., Nowotny, S. und Neudorfer, W. (2001) Microbiological irrigation water quality of the Marchfeld Canal system, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, **203**, 445-450.
- Stehr-Green, J. K., Nicholls, C., McEwan, S., Payne, A. und Mitchell, P. (1991) Waterborne outbreak of Campylobacter jejuni in Christchurch: the importance of a combined epidemiologic and microbiologic investigation, *N Z Med J*, **104**, 356-8.
- Steinbrückner, B. und Suerbaum, S. (2000) Bericht über den 2. Campylobacter-Workshop vom 11. bis 12. März 2000 in Freising, *Hygiene und Mikrobiologie*, **2**, 29-32.
- Stelzer, W., Mochmann, H., Richter, U. und Dobberkau, H. J. (1989) A study of Campylobacter jejuni and Campylobacter coli in a river system, *Zentralbl Hyg Umweltmed*, **189**, 20-8.
- Such, W. und Engelhardt, R. (1995) Neufestsetzung des Wasserschutzgebietes für die Wahnbachtalsperre, *gwf Wasser Abwasser*, **136/ 3**, 138-144.
- Szewzyk, U., Szewzyk, R., Manz, W. und Schleifer, K. H. (2000) Microbiological safety of drinking water, *Annu Rev Microbiol*, **54**, 81-127.
- Terzieva, S. I. und McFeters, G. A. (1991) Survival and injury of Escherichia coli, Campylobacter jejuni, and Yersinia enterocolitica in stream water, *Can J Microbiol*, **37**, 785-90.
- Teunis, P., Havelaar, A. H., Vliegthart, J. S. und Roessink, G. (1997) Risk assessment of Campylobacter species in shellfish: identifying the unknown, *Water Sci Technol*, **35**, 29-34.

- Teunis, P., Van den Brandhof, W., Nauta, M., Wagenaar, J., Van den Kerkhof, H. und Van Pelt, W. (2005) A reconsideration of the *Campylobacter* dose-response relation, *Epidemiol Infect*, **133**, 583-92.
- Thomas, C., Hill, D. und Mabey, M. (2002) Culturability, injury and morphological dynamics of thermophilic *Campylobacter* spp. within a laboratory-based aquatic model system, *J Appl Microbiol*, **92**, 433-42.
- Thomas, K. M., Charron, D. F., Waltner-Toews, D., Schuster, C., Maarouf, A. R. und Holt, J. D. (2006) A role of high impact weather events in waterborne disease outbreaks in Canada, 1975 - 2001, *Int J Environ Health Res*, **16**, 167-80.
- Till, D. G. und McBride, G. B. (2004) Potential public health risk of *Campylobacter* and other zoonotic waterborne infections in New Zealand, In *Waterborne zoonoses: identification, causes and control*, (Hrsg., Cotruvo, J. A., Dufour, A., Rees, G., Bartram, J., Carr, R., Cliver, D. O., Craun, G. F., Fayer, R. und Gannon, V. P. J.), London.
- Tillett, H. E., Sellwood, J., Lightfoot, N. F., Boyd, P., Eaton, S., de Louvois, J. und Wall, P. G. (2001) Correlations between microbial parameters from water samples: expectations and reality, *Water Sci Technol*, **43**, 19-22.
- Varness, K. J., Pacha, R. E. und Lapen, R. F. (1978) Effects of Dispersed Recreational Activities on the Microbiological Quality of Forest Surface Water, *Appl Environ Microbiol*, **36**, 95-104.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2006), *Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV)*,
- Vogt, R. L., Sours, H. E., Barrett, T., Feldman, R. A., Dickinson, R. J. und Witherell, L. (1982) *Campylobacter* enteritis associated with contaminated water, *Ann Intern Med*, **96**, 292-6.
- Waldenström, J., Broman, T., Carlsson, I., Hasselquist, D., Achterberg, R. P., Wagenaar, J. A. und Olsen, B. (2002) Prevalence of *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter lari*, and *Campylobacter coli* in different ecological guilds and taxa of migrating birds, *Appl Environ Microbiol*, **68**, 5911-7.
- (1989), *Wasserschutzgebietsverordnung Oberrautalsperre*,
- Weber, G., Manafi, M. und Reisinger, H. (1987) [Significance of *Yersinia enterocolitica* and thermophilic *Campylobacter* for water hygiene], *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg [B]*, **184**, 501-14.
- Westrell, T., Schonning, C., Stenstrom, T. A. und Ashbolt, N. J. (2004) QMRA (quantitative microbial risk assessment) and HACCP (hazard analysis and critical control points) for management of pathogens in wastewater and sewage sludge treatment and reuse, *Water Sci Technol*, **50**, 23-30.
- WHO (2003) *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1: Coastal and fresh waters.*, Hrsg. WHO, Geneva.
- WHO (2006a) *Water, sanitation and hygiene links to Health*, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/facts2004/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/en/index.html), vom: 10.8.2006

*WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater; Volume II Wastewater use in agriculture*, (2006b) Hrsg. World Health Organization.

Wienand, I. (2006), *Entwicklung eines GIS- und QRA-basierten Wassersicherheitsplans (WSP) als ein Instrument des Ressourcenschutzes in Trinkwassereinzugsgebieten - unter Berücksichtigung veränderter Gefährdungspotenziale für die Trinkwasserversorgung* -, Dissertation am Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit, Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

Zöfel, P. (1992) *Statistik in der Praxis*, Hrsg. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.



## 9. Quellenverzeichnis

Im Folgenden sind die Quellen der verwendeten Bilder und Tabellendaten angegeben, soweit diese nicht in der Beschriftung oder der Abbildung erwähnt sind. Alle Bilder wurden mit Genehmigung der Urheber verwendet.

- Abb. 1: Virginia-Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Blacksburg, Virginia
- Abb. 2: Modifiziert nach Savill et al. (2003)
- Abb. 5: StUA Aachen; 17.5.2006  
[http://www.stua-ac.nrw.de/info/karten/k\\_kalltalsperre\\_gepl.htm](http://www.stua-ac.nrw.de/info/karten/k_kalltalsperre_gepl.htm)
- Abb. 7: StUA Köln, 31.7.2006  
[http://www.stua-k.nrw.de/index\\_nn.html](http://www.stua-k.nrw.de/index_nn.html)
- Abb. 40 Modifiziert nach Popp (2000)
- Abb. 41: Institut für Hygiene und Öfftl. Gesundheit, Bonn
- Abb. 42: Institut für Hygiene und Öfftl. Gesundheit, Bonn
- Abb. 44: Institut für Hygiene und Öfftl. Gesundheit, Bonn
- Abb. 48: Wahnbachtalsperrenverband
- Abb. 49: Samuel Burger, Schweiz
- Abb. 50: Institut für Hygiene und Öfftl. Gesundheit, Bonn
- Abb. 51: Institut für Hygiene und Öfftl. Gesundheit, Bonn
- Tab. 3: Robert Koch-Institut: SurvStat, 03.01.2008  
<http://www3.rki.de/SurvStat>
- Tab. 4: Robert Koch-Institut: SurvStat, 03.01.2008  
<http://www3.rki.de/SurvStat>
- Tab. 5: Robert Koch-Institut: SurvStat, 03.01.2008  
<http://www3.rki.de/SurvStat>
- Tab. 8: Wasserrechtliche Erlaubnisbescheide, 1991-94, Geschäftsbericht des Erftverbandes (1996)
- Tab .27: Popp (1998)





---

## Anhang

- Probenahmeprotokoll
- Niederschlags- und Abflussdaten des Nauholzbaches, der Kall und des Wahnbaches für das Jahr 1997
- Abflussdaten des Pegel Nauholzbach, Kall und Wahnbach bei Starkregener-  
eignissen im Projektzeitraum
- Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen der Routineproben
- Ergebnisse der chemischen Untersuchungen und vor Ort erhobenen Parame-  
ter der Routineproben
- Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen der Ereignisproben
- Ergebnisse der chemischen Untersuchungen und vor Ort erhobenen Parame-  
ter der Ereignisproben

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

## Niederschläge und Abfluss am Nauholzbach im Jahr 1997

| Kalender-<br>woche | Niederschlags-<br>summe<br>[mm/KW] | Mittlerer<br>Abfluss<br>der KW<br>[l/s] | Kalender-<br>woche | Niederschlags-<br>summe<br>[mm/KW] | Mittlerer<br>Abfluß der<br>KW [l/s] |
|--------------------|------------------------------------|---|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                  | 0,3                                | 26,3                                    | 27                 | 24,8                               | 33,6                                |
| 2                  | 0                                  | 13,8                                    | 28                 | 8,7                                | 17,0                                |
| 3                  | 3                                  | 12,0                                    | 29                 | 26,6                               | 14,9                                |
| 4                  | 2,4                                | 13,8                                    | 30                 | 16,1                               | 12,1                                |
| 5                  | 0,4                                | 11,4                                    | 31                 | 16,8                               | 10,4                                |
| 6                  | 15,5                               | 17,1                                    | 32                 | 0                                  | 5,8                                 |
| 7                  | 64,8                               | 159,9                                   | 33                 | 0                                  | 3,7                                 |
| 8                  | 34,4                               | 212,9                                   | 34                 | 3,1                                | 3,9                                 |
| 9                  | 45,8                               | 223,7                                   | 35                 | 26,9                               | 8,9                                 |
| 10                 | 9,1                                | 103,2                                   | 36                 | 14,9                               | 4,7                                 |
| 11                 | 20,9                               | 59,2                                    | 37                 | 7,3                                | 4,4                                 |
| 12                 | 25,1                               | 71,3                                    | 38                 | 0,0                                | 3,5                                 |
| 13                 | 19,5                               | 78,6                                    | 39                 | 0,0                                | 3,3                                 |
| 14                 | 29,4                               | 76,6                                    | 40                 | 26,5                               | 6,1                                 |
| 15                 | 1,8                                | 89,1                                    | 41                 | 79,1                               | 26,5                                |
| 16                 | 1,5                                | 46,3                                    | 42                 | 8,7                                | 17,3                                |
| 17                 | 20,7                               | 28,9                                    | 43                 | 5,5                                | 10,9                                |
| 18                 | 31,9                               | 64,8                                    | 44                 | 0,2                                | 11,6                                |
| 19                 | 44,6                               | 83,8                                    | 45                 | 35,4                               | 14,2                                |
| 20                 | 3                                  | 76,0                                    | 46                 | 27,8                               | 37,9                                |
| 21                 | 33,4                               | 48,7                                    | 47                 | 6,5                                | 35,1                                |
| 22                 | 0                                  | 32,0                                    | 48                 | 15,2                               | 23,7                                |
| 23                 | 6,2                                | 18,9                                    | 49                 | 9,3                                | 26,9                                |
| 24                 | 7,6                                | 13,1                                    | 50                 | 72,3                               | 155,5                               |
| 25                 | 26,1                               | 11,1                                    | 51                 | 11,8                               | 124,6                               |
| 26                 | 59,1                               | 17,6                                    | 52                 | 36,8                               | 86,2                                |

### Niederschläge und Abfluss an der Kall im Jahr 1997

| Kalender-<br>woche | Niederschlags-<br>summe<br>[mm/KW] | Mittlerer<br>Abfluss<br>der KW<br>[l/s] | Kalender-<br>woche | Niederschlags-<br>summe<br>[mm/KW] | Mittlerer<br>Abfluß<br>der KW<br>[l/s] |
|--------------------|------------------------------------|---|--------------------|------------------------------------|--|
| 1                  | 0,20                               | 229                                     | 27                 | 14,10                              | 541                                    |
| 2                  | 0,00                               | 76                                      | 28                 | 52,30                              | 394                                    |
| 3                  | 0,50                               | 106                                     | 29                 | 57,80                              | 778                                    |
| 4                  | 2,00                               | 289                                     | 30                 | 14,50                              | 511                                    |
| 5                  | 0,30                               | 157                                     | 31                 | 23,70                              | 362                                    |
| 6                  | 19,70                              | 682                                     | 32                 | 0,10                               | 201                                    |
| 7                  | 56,10                              | 1835                                    | 33                 | 0,00                               | 102                                    |
| 8                  | 13,10                              | 1213                                    | 34                 | 0,80                               | 82                                     |
| 9                  | 49,60                              | 2191                                    | 35                 | 11,90                              | 72                                     |
| 10                 | 12,90                              | 916                                     | 36                 | 29,3                               | 136                                    |
| 11                 | 4,00                               | 541                                     | 37                 | 5,7                                | 59                                     |
| 12                 | 27,30                              | 594                                     | 38                 | 0,0                                | 34                                     |
| 13                 | 12,00                              | 841                                     | 39                 | 0,0                                | 22                                     |
| 14                 | 24,30                              | 1299                                    | 40                 | 4,0                                | 25                                     |
| 15                 | 0,50                               | 450                                     | 41                 | 72,1                               | 165                                    |
| 16                 | 2,20                               | 253                                     | 42                 | 17,1                               | 149                                    |
| 17                 | 42,20                              | 280                                     | 43                 | 1,3                                | 44                                     |
| 18                 | 5,10                               | 1188                                    | 44                 | 0,8                                | 37                                     |
| 19                 | 39,60                              | 866                                     | 45                 | 14,9                               | 142                                    |
| 20                 | 30,20                              | 757                                     | 46                 | 9,3                                | 168                                    |
| 21                 | 15,30                              | 558                                     | 47                 | 2,8                                | 196                                    |
| 22                 | 0,70                               | 255                                     | 48                 | 14,7                               | 298                                    |
| 23                 | 31,80                              | 339                                     | 49                 | 12,3                               | 1342                                   |
| 24                 | 23,90                              | 379                                     | 50                 | 45,6                               | 699                                    |
| 25                 | 12,90                              | 242                                     | 51                 | 18,9                               | 1280                                   |
| 26                 | 43,10                              | 393                                     | 52                 | 16,5                               | 1840                                   |

## Niederschläge und Abfluss am Wahnbach im Jahr 1997

| <b>Kalender-<br/>woche</b> | <b>Niederschlags-<br/>summe<br/>[mm/KW]</b> | <b>Mittlerer<br/>Abfluss<br/>der KW<br/>[l/s]</b> | <b>Kalender-<br/>woche</b> | <b>Niederschlags-<br/>summe<br/>[mm/KW]</b> | <b>Mittlerer<br/>Abfluß<br/>der KW<br/>[l/s]</b> |
|----------------------------|---|---|----------------------------|---|--|
| 1                          | 2   | 541,80  | 27                         | 16,9  | 339,14   |
| 2                          | 0   | 459,00  | 28                         | 11,2  | 240,00   |
| 3                          | 3,5   | 427,57  | 29                         | 55,1  | 244,57   |
| 4                          | 1,5   | 458,57  | 30                         | 9   | 233,57   |
| 5                          | 0,5   | 235,71  | 31                         | 7   | 328,57   |
| 6                          | 20,4  | 933,14  | 32                         | 0   | 203,57   |
| 7                          | 26  | 2896,14   | 33                         | 0   | 168,29   |
| 8                          | 15,8  | 1609,71   | 34                         | 15,1  | 161,29   |
| 9                          | 5,5   | 1446,71   | 35                         | 17,1  | 212,43   |
| 10                         | 1,2   | 942,86  | 36                         | 22,6  | 200,71   |
| 11                         | 3,1   | 614,71  | 37                         | 2,2   | 176,29   |
| 12                         | 20,8  | 1090,29   | 38                         | 0   | 151,29   |
| 13                         | 3   | 889,00  | 39                         | 0   | 112,57   |
| 14                         | 21,5  | 987,86  | 40                         | 7,6   | 47,29  |
| 15                         | 0,3   | 1023,29   | 41                         | 57,7  | 385,71   |
| 16                         | 0   | 427,29  | 42                         | 7,6   | 155,71   |
| 17                         | 23,2  | 352,86  | 43                         | 1,3   | 88,57  |
| 18                         | 15,6  | 773,14  | 44                         | 28,4  | 81,43  |
| 19                         | 11  | 1117,00   | 45                         | 8,9   | 137,14   |
| 20                         | 14,1  | 657,71  | 46                         | 7   | 151,43   |
| 21                         | 30,2  | 1165,86   | 47                         | 2,6   | 171,43   |
| 22                         | 0   | 598,86  | 48                         | 12,6  | 174,29   |
| 23                         | 44,1  | 293,14  | 49                         | 5,5   | 220,00   |
| 24                         | 49  | 547,00  | 50                         | 28,4  | 1002,86  |
| 25                         | 18,2  | 377,86  | 51                         | 15  | 725,71   |
| 26                         | 21,1  | 426,14  | 52                         | 13,3  | 862,86   |

Abflussdaten am Pegel Nauholzbach bei beprobten  
Starkregenereignissen

| <b>Tag</b> | <b>Uhrzeit</b> | <b>Abfluß<br/>[l/s]</b> | <b>Tag</b> | <b>Uhrzeit</b> | <b>Abfluß<br/>[l/s]</b> |
|------------|----------------|-------------------------|------------|----------------|-------------------------|
| 08.10.1997 | 15:00          | 5                       | 11.12.1997 | 23:00          | 147                     |
| 08.10.1997 | 16:00          | 5                       | 12.12.1997 | 00:00          | 147                     |
| 08.10.1997 | 17:00          | 5                       | 12.12.1997 | 01:00          | 147                     |
| 08.10.1997 | 18:00          | 5                       | 12.12.1997 | 02:00          | 147                     |
| 08.10.1997 | 19:00          | 5                       | 12.12.1997 | 03:00          | 147                     |
| 08.10.1997 | 20:00          | 5                       | 12.12.1997 | 04:00          | 175                     |
| 08.10.1997 | 21:00          | 8                       | 12.12.1997 | 05:00          | 175                     |
| 08.10.1997 | 22:00          | 9                       | 12.12.1997 | 06:00          | 206                     |
| 08.10.1997 | 23:00          | 9                       | 12.12.1997 | 07:00          | 232                     |
| 08.10.1997 | 00:00          | 12                      | 12.12.1997 | 08:00          | 232                     |
| 09.10.1997 | 01:00          | 12                      | 12.12.1997 | 09:00          | 232                     |
| 09.10.1997 | 02:00          | 15                      | 12.12.1997 | 10:00          | 232                     |
| 09.10.1997 | 03:00          | 23                      | 12.12.1997 | 11:00          | 232                     |
| 09.10.1997 | 04:00          | 31                      | 12.12.1997 | 12:00          | 223                     |
| 09.10.1997 | 05:00          | 44                      | 12.12.1997 | 13:00          | 223                     |
| 09.10.1997 | 06:00          | 44                      | 12.12.1997 | 14:00          | 223                     |
| 09.10.1997 | 07:00          | 31                      | 12.12.1997 | 15:00          | 223                     |
| 09.10.1997 | 08:00          | 26                      | 12.12.1997 | 16:00          | 223                     |
| 09.10.1997 | 09:00          | 22                      | 12.12.1997 | 17:00          | 258                     |
| 09.10.1997 | 10:00          | 22                      | 12.12.1997 | 18:00          | 258                     |
| 09.10.1997 | 11:00          | 19                      | 12.12.1997 | 19:00          | 258                     |
| 09.10.1997 | 12:00          | 17                      | 12.12.1997 | 20:00          | 258                     |
| 09.10.1997 | 13:00          | 15                      | 12.12.1997 | 21:00          | 258                     |
| 09.10.1997 | 14:00          | 15                      | 12.12.1997 | 22:00          | 258                     |
| 09.10.1997 | 15:00          | 71                      | 12.12.1997 | 23:00          | 317                     |

Abflussdaten am Pegel Kall bei beprobten Starkregenereignissen

| <b>Tag</b> | <b>Uhrzeit</b> | <b>Abfluß<br/>[l/s]</b> | <b>Tag</b> | <b>Uhrzeit</b> | <b>Abfluß<br/>[l/s]</b> | <b>Tag</b> | <b>Uhrzeit</b> | <b>Abfluß<br/>[l/s]</b> |
|------------|----------------|-------------------------|------------|----------------|-------------------------|------------|----------------|-------------------------|
| 08.10.1997 | 11:00          | 24,5                    | 12.12.1997 | 19:00          | 338                     | 19.03.1997 | 22:00          | 301                     |
| 08.10.1997 | 12:00          | 24,5                    | 12.12.1997 | 20:00          | 338                     | 19.03.1997 | 23:00          | 396                     |
| 08.10.1997 | 13:00          | 24,5                    | 12.12.1997 | 21:00          | 338                     | 20.03.1997 | 00:00          | 508                     |
| 08.10.1997 | 14:00          | 24,5                    | 12.12.1997 | 22:00          | 338                     | 20.03.1997 | 01:00          | 607                     |
| 08.10.1997 | 15:00          | 24,5                    | 12.12.1997 | 23:00          | 338                     | 20.03.1997 | 02:00          | 607                     |
| 08.10.1997 | 16:00          | 24,5                    | 12.12.1997 | 00:00          | 338                     | 20.03.1997 | 03:00          | 508                     |
| 08.10.1997 | 17:00          | 21,4                    | 12.12.1997 | 01:00          | 338                     | 20.03.1997 | 04:00          | 532                     |
| 08.10.1997 | 18:00          | 21,4                    | 12.12.1997 | 02:00          | 417                     | 20.03.1997 | 05:00          | 532                     |
| 08.10.1997 | 19:00          | 21,4                    | 12.12.1997 | 03:00          | 508                     | 20.03.1997 | 06:00          | 532                     |
| 08.10.1997 | 20:00          | 21,4                    | 12.12.1997 | 04:00          | 661                     | 20.03.1997 | 07:00          | 557                     |
| 08.10.1997 | 21:00          | 21,4                    | 12.12.1997 | 05:00          | 831                     | 20.03.1997 | 08:00          | 661                     |
| 08.10.1997 | 22:00          | 21,4                    | 12.12.1997 | 06:00          | 1.455                   | 20.03.1997 | 09:00          | 715                     |
| 08.10.1997 | 23:00          | 63,2                    | 12.12.1997 | 07:00          | 1.966                   | 20.03.1997 | 10:00          | 956                     |
| 08.10.1997 | 00:00          | 195,0                   | 12.12.1997 | 08:00          | 2.332                   | 20.03.1997 | 11:00          | 956                     |
| 09.10.1997 | 01:00          | 120,0                   | 12.12.1997 | 09:00          | 2.529                   | 20.03.1997 | 12:00          | 1.089                   |
| 09.10.1997 | 02:00          | 87,3                    | 12.12.1997 | 10:00          | 2.629                   | 20.03.1997 | 13:00          | 1.157                   |
| 09.10.1997 | 03:00          | 77,3                    | 12.12.1997 | 11:00          | 2.732                   | 20.03.1997 | 14:00          | 1.230                   |
| 09.10.1997 | 04:00          | 82,3                    | 12.12.1997 | 12:00          | 2.732                   | 20.03.1997 | 15:00          | 1.230                   |
| 09.10.1997 | 05:00          | 158,0                   | 12.12.1997 | 13:00          | 2.629                   | 20.03.1997 | 16:00          | 1.265                   |
| 09.10.1997 | 06:00          | 338,0                   | 12.12.1997 | 14:00          | 2.529                   | 20.03.1997 | 17:00          | 1.340                   |
| 09.10.1997 | 07:00          | 338,0                   | 12.12.1997 | 15:00          | 2.529                   | 20.03.1997 | 18:00          | 1.455                   |
| 09.10.1997 | 08:00          | 208,0                   | 12.12.1997 | 16:00          | 2.235                   | 20.03.1997 | 19:00          | 1.455                   |
| 09.10.1997 | 09:00          | 208,0                   | 12.12.1997 | 17:00          | 2.142                   | 20.03.1997 | 20:00          | 1.376                   |
| 09.10.1997 | 10:00          | 208,0                   | 12.12.1997 | 18:00          | 2.048                   | 20.03.1997 | 21:00          | 1.340                   |

Abflussdaten am Pegel Wahnbach bei beprobten Starkregenereignissen

| Tag        | Uhrzeit | Abfluß<br>[l/s] | Tag        | Uhrzeit | Abfluß<br>[l/s] | Tag        | Uhrzeit | Abfluß<br>[l/s] | Tag        | Uhrzeit | Abfluß<br>[l/s] |
|------------|---------|-----------------|------------|---------|-----------------|------------|---------|-----------------|------------|---------|-----------------|
| 04.02.1997 | 16:00   | 217             | 08.10.1997 | 16:00   | 87              | 09.10.1997 | 11:00   | 701             | 10.12.1997 | 13:00   | 518             |
| 04.02.1997 | 17:00   | 217             | 08.10.1997 | 17:00   | 87              | 09.10.1997 | 12:00   | 739             | 10.12.1997 | 14:00   | 550             |
| 04.02.1997 | 18:00   | 217             | 08.10.1997 | 18:00   | 87              | 09.10.1997 | 13:00   | 701             | 10.12.1997 | 15:00   | 580             |
| 04.02.1997 | 19:00   | 217             | 08.10.1997 | 19:00   | 87              | 09.10.1997 | 14:00   | 664             | 10.12.1997 | 16:00   | 618             |
| 04.02.1997 | 20:00   | 217             | 08.10.1997 | 20:00   | 87              | 09.10.1997 | 15:00   | 629             | 10.12.1997 | 17:00   | 654             |
| 04.02.1997 | 21:00   | 226             | 08.10.1997 | 21:00   | 102             | 09.10.1997 | 16:00   | 594             | 10.12.1997 | 18:00   | 709             |
| 04.02.1997 | 22:00   | 226             | 08.10.1997 | 22:00   | 102             | 09.10.1997 | 17:00   | 527             | 10.12.1997 | 19:00   | 801             |
| 04.02.1997 | 23:00   | 248             | 08.10.1997 | 23:00   | 217             | 09.10.1997 | 18:00   | 495             | 10.12.1997 | 20:00   | 920             |
| 05.02.1997 | 00:00   | 299             | 09.10.1997 | 00:00   | 242             | 09.10.1997 | 19:00   | 464             | 10.12.1997 | 21:00   | 1057            |
| 05.02.1997 | 01:00   | 348             | 09.10.1997 | 01:00   | 192             | 09.10.1997 | 20:00   | 434             | 10.12.1997 | 22:00   | 1104            |
| 05.02.1997 | 02:00   | 377             | 09.10.1997 | 02:00   | 192             | 09.10.1997 | 21:00   | 434             | 10.12.1997 | 23:00   | 1151            |
| 05.02.1997 | 03:00   | 410             | 09.10.1997 | 03:00   | 192             | 09.10.1997 | 22:00   | 664             | 11.12.1997 | 00:00   | 1199            |
| 05.02.1997 | 04:00   | 640             | 09.10.1997 | 04:00   | 242             | 09.10.1997 | 23:00   | 664             | 11.12.1997 | 01:00   | 1199            |
| 05.02.1997 | 05:00   | 957             | 09.10.1997 | 05:00   | 242             | 10.10.1997 | 00:00   | 701             | 11.12.1997 | 02:00   | 1199            |
| 05.02.1997 | 06:00   | 993             | 09.10.1997 | 06:00   | 404             | 10.10.1997 | 01:00   | 777             | 11.12.1997 | 03:00   | 1199            |
| 05.02.1997 | 07:00   | 1185            | 09.10.1997 | 07:00   | 495             | 10.10.1997 | 02:00   | 777             | 11.12.1997 | 04:00   | 1151            |
| 05.02.1997 | 08:00   | 1185            | 09.10.1997 | 08:00   | 560             | 10.10.1997 | 03:00   | 777             | 11.12.1997 | 05:00   | 1104            |
| 05.02.1997 | 09:00   | 1607            | 09.10.1997 | 09:00   | 629             | 10.10.1997 | 04:00   | 777             | 11.12.1997 | 06:00   | 1057            |
| 05.02.1997 | 10:00   | 1928            | 09.10.1997 | 10:00   | 629             | 10.10.1997 | 05:00   | 777             | 11.12.1997 | 07:00   | 1057            |
| 05.02.1997 | 11:00   | 2214            | 09.10.1997 | 11:00   | 701             | 10.10.1997 | 06:00   | 777             | 11.12.1997 | 08:00   | 1012            |
| 05.02.1997 | 12:00   | 2449            | 09.10.1997 | 12:00   | 739             | 10.10.1997 | 07:00   | 739             | 11.12.1997 | 09:00   | 1016            |
| 05.02.1997 | 13:00   | 2690            | 09.10.1997 | 13:00   | 701             | 10.10.1997 | 08:00   | 739             | 11.12.1997 | 10:00   | 1016            |
| 05.02.1997 | 14:00   | 2690            | 09.10.1997 | 14:00   | 664             | 10.10.1997 | 09:00   | 701             | 11.12.1997 | 11:00   | 1025            |
| 05.02.1997 | 15:00   | 2747            | 09.10.1997 | 15:00   | 629             | 10.10.1997 | 10:00   | 694             | 11.12.1997 | 12:00   | 1057            |



## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>           | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36° Clostridien<br/>(/mL) (KBE/100mL)</b> |     |
|------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--|-----|
| <b>K 1 Entenpfuhl</b>  |                                      |   |                                |  |  |                           |  |     |
| 04.11.1997             | 0                                    | 21  | 6                              | nicht auswertbar                               | 600  | 291                       | 58   | 0   |
| 12.02.1997             | 11                                   | 270   | 100                            | nicht auswertbar                               | 50   | 7270                      | 473  | 54  |
| 08.04.1997             | 0                                    | 1   | 6                              | nicht auswertbar                               | 280  | 2640                      | 42   | 3   |
| 03.06.1997             | 0                                    | 9   | 48                             | nicht auswertbar                               | 10000  | 378                       | 309  | 51  |
| 26.08.1997             | 0                                    | 780   | 560                            | nicht auswertbar                               | 115000   | 7662                      | 1300   | 1   |
| <b>K 2 Hoscheit</b>    |                                      |   |                                |  |  |                           |  |     |
| 03.06.1997             | 0                                    | 66  | 63                             | nicht auswertbar                               | 3450   | 355                       | 147  | 22  |
| 04.11.1997             | 0                                    | 20  | 23                             | nicht auswertbar                               | 2600   | 1081                      | 133  | 9   |
| 26.08.1997             | 1                                    | 970   | 640                            | nicht auswertbar                               | 11200  | 2700                      | 1200   | 5   |
| 12.02.1997             | 11                                   | 3700  | 430                            | nicht auswertbar                               | 1  | 82400                     | 8040   | 200 |
| <b>K 3 Bruchgraben</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |  |     |
| 29.07.1997             | 110                                  | 138   | 1850                           | nicht auswertbar                               | 12000  | 568                       | 217  | 39  |
| 16.12.1997             | 0                                    | 2900  | 32                             | nicht auswertbar                               | 3800   | 894                       | 324  | 26  |
| 25.03.1997             | 10                                   | 333   | 1860                           | nicht auswertbar                               | 2660   | 936                       | 287  | 36  |
| 01.07.1997             | 110                                  | 654   | 4800                           | nicht auswertbar                               | 30800  | 1460                      | 745  | 20  |
| 07.10.1997             | 1                                    | 8600  | 6080                           | nicht auswertbar                               | 155000   | 10800                     | 7400   | 70  |
| 28.01.1997             | nicht auswertbar                     | 75  | 510                            | nicht auswertbar                               | 1000   | 883                       | 97   | 0   |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                    | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>K 4 Fischbach</b>            |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 29.07.1997                      | 0                                    | 309   | 1020                           | nicht auswertbar                               | 91000  | 839                       | 843                      | 37                                 |
| 07.10.1997                      | 10                                   | 98000   | 28500                          | nicht auswertbar                               | 860000   | 30800                     | 15250                    | 540                                |
| 16.12.1997                      | 0                                    | 27  | 41                             | nicht auswertbar                               | 2900   | 1180                      | 443                      | 53                                 |
| 25.03.1997                      | 110                                  | 155   | 360                            | nicht auswertbar                               | 1290   | 1470                      | 911                      | 130                                |
| 01.07.1997                      | 110                                  | 342   | 436                            | nicht auswertbar                               | 90000  | 1400                      | 916                      | 500                                |
| 28.01.1997                      | nicht auswertbar                     | 3   | 16                             | nicht auswertbar                               | 1800   | 237                       | 60                       | 0                                  |
| <b>K 5 Kall vor Paustenbach</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 23.09.1997                      | 0                                    | 24  | 12                             | nicht auswertbar                               | 5000   | 900                       | 197                      | 13                                 |
| 02.12.1997                      | 0                                    | 48  | 270                            | nicht auswertbar                               | 1990   | 3310                      | 475                      | 460                                |
| 06.01.1998                      | 110                                  | 76  | 520                            | nicht auswertbar                               | 4200   | 2877                      | 334                      | 140                                |
| 15.07.1997                      | nicht auswertbar                     | 1169  | 4910                           | nicht auswertbar                               | 303000   | 28600                     | 3270                     | 195                                |
| <b>K 6 Paustenbach</b>          |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 15.07.1997                      | nicht auswertbar                     | 1640  | 6040                           | nicht auswertbar                               | 336000   | 14400                     | 1790                     | 121                                |
| 23.09.1997                      | 0                                    | 41  | 41                             | nicht auswertbar                               | 4200   | 661                       | 122                      | 1                                  |
| 22.04.1997                      | 0                                    | 71  | 604                            | nicht auswertbar                               | 1490   | 193                       | 88                       | 36                                 |
| 17.06.1997                      | 1                                    | 81  | 257                            | nicht auswertbar                               | 4400   | 1500                      | 135                      | 30                                 |
| 02.12.1997                      | 0                                    | 35  | 910                            | nicht auswertbar                               | 1300   | 485                       | 213                      | 64                                 |
| 25.02.1997                      | 1                                    | 260   | 1140                           | nicht auswertbar                               | 2000   | 6930                      | 932                      | 40                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                  | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>K 7 Roßbach</b>            |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 21.10.1997                    | 110                                  | 110   | 320                            | nicht auswertbar                               | 13900  | 3360                      | 254                      | 60                                 |
| 06.01.1998                    | 110                                  | 4700  | 30000                          | nicht auswertbar                               | 38000  | 2776                      | 1360                     | 210                                |
| 12.08.1997                    | 1                                    | 185   | 63                             | nicht auswertbar                               | 11700  | 1340                      | 177                      | 24                                 |
| <b>K 8 Domäne-Drainage</b>    |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 18.11.1997                    | 0                                    | 15  | 44                             | nicht auswertbar                               | 420  | 2814                      | 104                      | 61                                 |
| 17.06.1997                    | 1                                    | 35  | 216                            | nicht auswertbar                               | 261  | 1520                      | 980                      | 20                                 |
| 09.09.1997                    | 0                                    | 119   | 182                            | nicht auswertbar                               | 510  | 1050                      | 318                      | 1                                  |
| 22.04.1997                    | 0                                    | 4   | 2040                           | nicht auswertbar                               | 3400   | 504                       | 216                      | 1                                  |
| 25.02.1997                    | 1                                    | 6300  | 2420                           | nicht auswertbar                               | 148000   | 50700                     | 8240                     | 250                                |
| <b>K 9 Keltzerbach li Arm</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 20.01.1998                    | 10                                   | 58  | 68                             | nicht auswertbar                               | 5900   | 784                       | 284                      | 50                                 |
| 09.09.1997                    | 0                                    | 4   | 13                             | nicht auswertbar                               | 11   | 54                        | 134                      | 0                                  |
| 18.11.1997                    | 0                                    | 10  | 15                             | nicht auswertbar                               | 27   | 463                       | 252                      | 17                                 |
| <b>K10 Keltzerbach</b>        |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 06.05.1997                    | 1                                    | 1260  | 1030                           | nicht auswertbar                               | 1400   | 3483                      | 2019                     | 66                                 |
| 20.01.1998                    | 10                                   | 93  | 154                            | nicht auswertbar                               | 4360   | 1109                      | 309                      | 33                                 |
| 20.05.1997                    | 0                                    | 13  | 160                            | nicht auswertbar                               | 270  | 344                       | 151                      | 15                                 |
| 14.01.1997                    | nicht auswertbar                     | 15  | 5                              | nicht auswertbar                               | 560  | 240                       | 42                       | 1                                  |
| 21.10.1997                    | 0                                    | 12  | 28                             | nicht auswertbar                               | 560  | 200                       | 96                       | 3                                  |
| 12.08.1997                    | 0                                    | 5   | 81                             | nicht auswertbar                               | 2100   | 119                       | 52                       | 6                                  |
| 11.03.1997                    | 1                                    | 1   | 9                              | nicht auswertbar                               | 122  | 46                        | 47                       | 15                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>      | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Kall Pegel</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 12.08.1997        | 1                                    | 88  | 86                             | nicht auswertbar                               | 7660   | 629                       | 183                      | 13                                 |
| 14.01.1997        | nicht auswertbar                     | 16  | 114                            | nicht auswertbar                               | 100  | 206                       | 187                      | 3                                  |
| 09.09.1997        | 0                                    | 82  | 153                            | nicht auswertbar                               | 85   | 1440                      | 1320                     | 0                                  |
| 26.08.1997        | 0                                    | 92  | 110                            | nicht auswertbar                               | 11300  | 573                       | 397                      | 5                                  |
| 29.07.1997        | 10                                   | 26  | 171                            | nicht auswertbar                               | 10500  | 389                       | 181                      | 27                                 |
| 03.06.1997        | 0                                    | 8   | 104                            | nicht auswertbar                               | 1820   | 238                       | 65                       | 23                                 |
| 20.05.1997        | 0                                    | 32  | 104                            | nicht auswertbar                               | 8640   | 370                       | 145                      | 22                                 |
| 25.03.1997        | 10                                   | 30  | 268                            | nicht auswertbar                               | 395  | 354                       | 123                      | 34                                 |
| 20.01.1998        | 10                                   | 54  | 473                            | nicht auswertbar                               | 4100   | 2560                      | 345                      | 90                                 |
| 18.11.1997        | 0                                    | 8   | 220                            | nicht auswertbar                               | 270  | 160                       | 62                       | 30                                 |
| 16.12.1997        | 0                                    | 940   | 0                              | nicht auswertbar                               | 400  | 844                       | 197                      | 54                                 |
| 04.11.1997        | 0                                    | 6   | 25                             | nicht auswertbar                               | 730  | 617                       | 60                       | 8                                  |
| 08.04.1997        | 0                                    | 1900  | 1740                           | nicht auswertbar                               | 1100   | 1090                      | 615                      | 40                                 |
| 23.09.1997        | 0                                    | 18  | 64                             | nicht auswertbar                               | 2800   | 403                       | 81                       | 20                                 |
| 02.12.1997        | 0                                    | 54  | 263                            | nicht auswertbar                               | 1520   | 5025                      | 610                      | 170                                |
| 22.04.1997        | 0                                    | 15  | 42                             | nicht auswertbar                               | 740  | 238                       | 88                       | 16                                 |
| 11.03.1997        | 0                                    | 78  | 85                             | nicht auswertbar                               | 710  | 258                       | 170                      | 26                                 |
| 28.01.1997        | nicht auswertbar                     | 22  | 45                             | nicht auswertbar                               | 96   | 503                       | 77                       | 1                                  |
| 07.10.1997        | 0                                    | 28  | 96                             | nicht auswertbar                               | 10400  | 530                       | 170                      | 30                                 |
| 02.09.1997        | 110                                  | 11000   | 11100                          | nicht auswertbar                               | 200000   | 46390                     | 1767                     | 20                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                    | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Kall Pegel (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 17.06.1997                      | 110                                  | 432   | 1667                           | nicht auswertbar                               | 27300  | 1790                      | 710                      | 20                                 |
| 01.07.1997                      | 110                                  | 136   | 387                            | nicht auswertbar                               | 11000  | 1180                      | 353                      | 10                                 |
| 21.10.1997                      | 1                                    | 20  | 121                            | nicht auswertbar                               | 1700   | 328                       | 81                       | 2                                  |
| 06.01.1998                      | 1                                    | 320   | 1500                           | nicht auswertbar                               | 6700   | 3300                      | 390                      | 64                                 |
| 12.02.1997                      | nicht auswertbar                     | 1400  | 2000                           | nicht auswertbar                               | 2  | 103000                    | 27400                    | 900                                |
| 25.02.1997                      | 100                                  | 690   | 1400                           | nicht auswertbar                               | 21700  | 14300                     | 1800                     | 150                                |
| 15.07.1997                      | nicht auswertbar                     | 1830  | 5180                           | nicht auswertbar                               | 396000   | 24000                     | 11900                    | 198                                |
| 06.05.1997                      | 1                                    | 107   | 145                            | nicht auswertbar                               | 1760   | 888                       | 416                      | 61                                 |
| <b>Wahnbach Pegel</b>           |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 05.02.1997                      | 0                                    | 700   | 970                            | nicht auswertbar                               | 15000  | 77000                     | 6000                     | 900                                |
| 09.12.1997                      | 0                                    | 138   | 1420                           | nicht auswertbar                               | 3820   | 583                       | 283                      | 160                                |
| 28.10.1997                      | 0                                    | 108   | 260                            | nicht auswertbar                               | 2000   | 1990                      | 332                      | 41                                 |
| 14.10.1997                      | 110                                  | 104   | 740                            | nicht auswertbar                               | 8500   | 1890                      | 519                      | 269                                |
| 16.09.1997                      | 0                                    | 610   | 410                            | nicht auswertbar                               | 17400  | 447                       | 265                      | 350                                |
| 01.09.1997                      | 110                                  | 600   | 360                            | nicht auswertbar                               | 24300  | 1100                      | 394                      | 196                                |
| 29.04.1997                      | 1                                    | 300   | 1890                           | nicht auswertbar                               | 1820   | 7240                      | 327                      | 306                                |
| 13.01.1998                      | 0                                    | 83  | 980                            | nicht auswertbar                               | 2070   | 593                       | 261                      | 366                                |
| 13.05.1997                      | 0                                    | 21  | 370                            | nicht auswertbar                               | 1000   | 1050                      | 527                      | 113                                |
| 22.07.1997                      | 110                                  | 180   | 775                            | nicht auswertbar                               | 3100   | 1720                      | 1105                     | 182                                |
| 19.08.1997                      | 0                                    | 135   | 280                            | nicht auswertbar                               | 1270   | 1110                      | 230                      | 16                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                        | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Wahnbach Pegel (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 05.08.1997                          | 10                                   | 350   | 500                            | nicht auswertbar                               | 21800  | 708                       | 524                      | 157                                |
| 18.02.1997                          | 11                                   | 2200  | 5100                           | nicht auswertbar                               | 10   | 16500                     | 980                      | 900                                |
| 10.06.1997                          | 0                                    | 495   | 4600                           | nicht auswertbar                               | 74000  | 6470                      | 1850                     | 40                                 |
| 11.11.1997                          | 1                                    | 17  | 158                            | nicht auswertbar                               | 330  | 346                       | 195                      | 65                                 |
| 27.05.1997                          | 0                                    | 100   | 450                            | nicht auswertbar                               | 17600  | 1163                      | 752                      | 47                                 |
| 15.04.1997                          | 110                                  | 59  | 390                            | nicht auswertbar                               | 1960   | 1310                      | 356                      | 63                                 |
| 01.04.1997                          | 0                                    | 14  | 220                            | nicht auswertbar                               | 1740   | 422                       | 215                      | 85                                 |
| 18.03.1997                          | 0                                    | 60  | 860                            | nicht auswertbar                               | 130  | 1150                      | 328                      | 59                                 |
| 05.03.1997                          | 0                                    | 62  | 490                            | nicht auswertbar                               | 2370   | 813                       | 193                      | 80                                 |
| 25.11.1997                          | 10                                   | 30  | 300                            | nicht auswertbar                               | 740  | 132                       | 145                      | 250                                |
| 22.01.1997                          | 0                                    | 135   | 60                             | nicht auswertbar                               | 600  | 14000                     | 1300                     | 12                                 |
| 23.06.1997                          | 0                                    | 140   | 560                            | nicht auswertbar                               | 34300  | 1440                      | 314                      | 5                                  |
| 07.01.1997                          | nicht auswertbar                     | 530   | 800                            | nicht auswertbar                               | 800  | 2800                      | 700                      | 130                                |
| 29.09.1997                          | 0                                    | 59  | 155                            | nicht auswertbar                               | 73000  | 730                       | 332                      | 0                                  |
| 08.07.1997                          | 10                                   | 130   | 564                            | nicht auswertbar                               | 16600  | 453                       | 385                      | 161                                |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>             | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Nauholzbach Pegel</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 01.04.1997               | 0                                    | 4   | 10                             | nicht auswertbar                               | 640  | 62                        | 16                       | 0                                  |
| 20.01.1997               | nicht auswertbar                     | 1   | 22                             | nicht auswertbar                               | 530  | 173                       | 45                       | 0                                  |
| 29.09.1997               | 0                                    | 13  | 53                             | nicht auswertbar                               | 4500   | 415                       | 88                       | 0                                  |
| 13.10.1997               | 0                                    | 19  | 27                             | nicht auswertbar                               | 6200   | 1290                      | 78                       | 4                                  |
| 10.11.1997               | 0                                    | 11  | 11                             | nicht auswertbar                               | 1120   | 689                       | 71                       | 2                                  |
| 02.09.1997               | 10                                   | 96  | 70                             | nicht auswertbar                               | 15400  | 319                       | 287                      | 0                                  |
| 26.05.1997               | 0                                    | 17  | 10                             | nicht auswertbar                               | 1100   | 445                       | 214                      | 1                                  |
| 04.08.1997               | 0                                    | 25  | 22                             | nicht auswertbar                               | 8800   | 1390                      | 82                       | 2                                  |
| 07.07.1997               | 0                                    | 68  | 5                              | nicht auswertbar                               | 2600   | 423                       | 68                       | 6                                  |
| 30.04.1997               | 0                                    | 1   | 24                             | nicht auswertbar                               | 220  | 415                       | 78                       | 1                                  |
| 24.11.1997               | 0                                    | 3   | 31                             | nicht auswertbar                               | 910  | 218                       | 40                       | 31                                 |
| 27.10.1997               | 0                                    | 3   | 148                            | nicht auswertbar                               | 1300   | 504                       | 44                       | 2                                  |
| 17.02.1997               | 0                                    | 0   | 18                             | nicht auswertbar                               | 18   | 444                       | 42                       | 4                                  |
| 15.12.1997               | 0                                    | 2   | 16                             | nicht auswertbar                               | 300  | 526                       | 60                       | 11                                 |
| 23.06.1997               | 0                                    | 400   | 70                             | nicht auswertbar                               | 10100  | 1680                      | 339                      | 0                                  |
| 03.03.1997               | 0                                    | 2   | 4                              | nicht auswertbar                               | 150  | 220                       | 63                       | 1                                  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                     | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|----------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>S 1 Oberhalb Holzweiler</b>   |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 15.04.2003                       | 1                                    | 955   | 59                             | 150  | nicht untersucht                               | 459                       | 32                       | 16                                 |
| 05.06.2000                       | 100                                  | 1250  | 1900                           | 9300   | 37000  | 7500                      | 2500                     | 80                                 |
| 17.04.2000                       | 1100                                 | 160   | 110                            | 930  | 10300  | 370                       | 310                      | 80                                 |
| 14.12.1999                       | 0                                    | 1400  | 1390                           | 15000  | 38600  | 3780                      | 840                      | 220                                |
| 07.09.1999                       |                                      | 5300  | 2100                           | 7900   | 79000  | 15600                     | 689                      | 53                                 |
| 30.06.2003                       | 100                                  | 182   | 18198                          | 9300   | nicht untersucht                               | 64153                     | 48992                    | 82                                 |
| 15.04.2002                       | 10                                   | 550   | 1811                           | 2000   | nicht untersucht                               | 3148                      | 234                      |                                    |
| 25.02.2002                       | 100                                  | 6200  | 24000                          | 4300   | nicht untersucht                               | 4200                      | 3200                     | 700                                |
| 09.12.2002                       | 1                                    | 30  | 327                            | 2300   | nicht untersucht                               | 20990                     | 11584                    | 73                                 |
| 26.08.2002                       | 1000                                 | 640   | 1010                           | 9300   | nicht untersucht                               | 1612                      | 806                      | 50                                 |
| 24.06.2002                       | 1100                                 | 800   | 1300                           | 43000  | nicht untersucht                               | 1130                      | 1614                     | 245                                |
| <b>S 2 Oberhalb KA Flerzheim</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 08.04.2003                       | 1                                    | 82  | 667                            | 430  | nicht untersucht                               | 1077                      | 532                      | 55                                 |
| 16.06.2003                       | 1100                                 | 685   | 1667                           | 2300   | nicht untersucht                               | 3935                      | 1645                     | 391                                |
| 10.06.2002                       | 1100                                 | 16000   | 10000                          | 460000   | nicht untersucht                               | 16777                     | 63861                    | 127                                |
| 08.04.2002                       | 0                                    | 468   | 920                            | 4300   | nicht untersucht                               | 1068                      | 526                      | 1                                  |
| 19.08.2002                       | 11000                                | 360   | 964                            | 93000  | nicht untersucht                               | 2446                      | 1264                     | 19                                 |
| 10.07.2000                       | 100                                  | 1250  | 1220                           | 43000  | 57000  | 2530                      | 980                      | 100                                |
| 20.03.2000                       | 100                                  | 149   | 1200                           | 43000  | 50200  | 1815                      | 717                      | 236                                |



## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                                   | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>S 2 Oberhalb KA Flerzheim (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 30.11.1999                                     | 1                                    | 170   | 450                            | 930  | 750  | 616                       | 375                      | 102                                |
| 13.09.1999                                     | nicht auswertbar                     | 5000  | 1000                           | 21000  | 45000  | 110000                    | 150000                   | 400                                |
| 07.10.2002                                     | 10000                                | 1892  | 639                            | 2300   | nicht untersucht                               | 7108                      | 2209                     | 55                                 |
| 25.02.2002                                     | 100                                  | 2600  | 13000                          | 43000  | 0  | 16000                     | 4900                     | 800                                |
| <b>S 3 Unterhalb KA Flerzheim</b>              |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 13.09.1999                                     | nicht auswertbar                     | 5000  |                                | 2300   | 18000  | 220000                    | 210000                   | 270                                |
| 20.03.2000                                     | 0                                    | 65  | 105                            | 230  | 1500   | 384                       | 174                      | 220                                |
| 10.07.2000                                     | 100                                  | 1660  | 14000                          | 240000   | 113000   | 5050                      | 2860                     | 260                                |
| 02.04.2002                                     | 1100                                 | 100   | 950                            | 2300   | nicht untersucht                               | 845                       | 538                      | 310                                |
| 29.11.1999                                     | 0                                    | 110   | 440                            | 930  | 12500  | 41                        | 67                       | 44                                 |
| 22.04.2003                                     | 1100                                 | 23  | 300                            | 4300   | nicht untersucht                               | 1098                      | 532                      | 180                                |
| 14.10.2002                                     | nicht auswertbar                     | 297   | 1144                           | 15000  | nicht untersucht                               | 1581                      | 1641                     | 50                                 |
| 30.07.2002                                     | 1100                                 | 73  | 2396                           | 23000  | nicht untersucht                               | 1608                      | 1687                     | 82                                 |
| <b>S 4 Morenhoven</b>                          |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 10.06.2002                                     | 1100                                 | 1100  | 1500                           | 240000   | nicht untersucht                               | 26396                     | 20441                    | 207                                |
| 08.04.2002                                     | 0                                    | 82  | 1010                           | 4300   | nicht untersucht                               | 217                       | 241                      | 2                                  |
| 07.10.2002                                     | 100000                               | 727   | 3027                           | 9300   | nicht untersucht                               | 3267                      | 1128                     | 20                                 |
| 19.08.2002                                     | 1000                                 | 180   | 1900                           | 43000  | nicht untersucht                               | 3755                      | 1297                     | 32                                 |
| 08.04.2003                                     | 1                                    | 36  | 775                            | 230  | nicht untersucht                               | 459                       | 350                      | 136                                |
| 04.03.2002                                     | 100                                  | 1000  | 580                            | 15000  | nicht untersucht                               | 1100                      | 370                      | 36                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                        | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>S 4 Morenhoven (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 16.06.2003                          | 1100                                 | 364   | 891                            | 9300   | nicht untersucht                               | 2239                      | 2684                     | 30                                 |
| <b>S 5 Unterhalb KA Miel</b>        |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 16.06.2003                          | 1100                                 | 209   | 609                            | 2300   | nicht untersucht                               | 10369                     | 4417                     | 10                                 |
| 08.07.2003                          | 100                                  | 1000  | 613                            | 4300   | nicht untersucht                               | 2099                      | 835                      | 73                                 |
| 23.09.2002                          | 1100                                 | 8550  | 27030                          | 23000  | nicht untersucht                               | 15806                     | 7904                     | 2909                               |
| 08.07.2002                          | 100                                  | 91  | 685                            | 43000  | nicht untersucht                               | 3950                      | 4417                     | 1550                               |
| 14.05.2002                          | 100                                  | 378   | 883                            | 9300   | nicht untersucht                               | 3409                      | 529                      | 100                                |
| 25.03.2002                          | 0                                    | 450   | 190                            | 23000  | nicht untersucht                               | 530                       | 250                      | 76                                 |
| 19.06.2000                          | 10                                   | 310   | 500                            | 24000  | 9200   | 53                        | 50                       | 460                                |
| 22.05.2000                          | 100                                  | 2400  | 5100                           | 15000  | 49000  | 2600                      | 275                      | 135                                |
| 10.01.2000                          | 10                                   | 610   | 3100                           | 24000  | 120000   | 19200                     | 950                      | 350                                |
| 19.10.1999                          | 0                                    | 730   | 980                            | 4300   | 170000   | 970                       | 710                      | 160                                |
| 31.03.2003                          | 0                                    | 500   | 576                            | 11000  | nicht untersucht                               | 1539                      | 1074                     | 164                                |
| <b>S 6 Oberhalb KA Heimerzheim</b>  |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 24.01.2000                          | 100                                  | 750   | 3600                           | 9300   | 46000  | 3200                      | 940                      | 440                                |
| 30.06.2003                          | 1000                                 | 82  | 700                            | 2800   | nicht untersucht                               | 1032                      | 7959                     | 36                                 |
| 15.04.2003                          | 1                                    | 730   | 98                             | 230  | nicht untersucht                               | 401                       | 127                      | 9                                  |
| 09.12.2002                          | 10                                   | 118   | 459                            | 4300   | nicht untersucht                               | 2242                      | 846                      | 1                                  |
| 26.08.2002                          | 1000                                 | 595   | 856                            | 23000  | nicht untersucht                               | 1097                      | 1158                     | 40                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                                     | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>S 6 Oberhalb KA Heimerzheim (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 24.06.2002                                       | 1100                                 | 200   | 19439                          | 23000  | nicht untersucht                               | 2233                      | 4928                     | 818                                |
| 15.04.2002                                       | 1                                    | nicht auswertbar                                | 318                            | 4300   | nicht untersucht                               | 1653                      | 532                      | nicht auswertbar                   |
| 12.03.2002                                       | 1                                    | 450   | 181                            | 23000  | nicht untersucht                               | 892                       | 144                      | 30                                 |
| 13.06.2000                                       | 100                                  | 230   | 640                            | 43000  | 870  | 11000                     | 590                      | 151                                |
| 04.10.1999                                       | nicht auswertbar                     | 6800  | 32000                          | 460000   | 277000   | 10800                     | 3900                     | 2500                               |
| 17.07.2000                                       | 100                                  | 3400  | 11000                          | 15000  | 71000  | 29000                     | 9000                     | 700                                |
| <b>S 7 Unterhalb KA Heimerzheim</b>              |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 24.03.2003                                       | 100                                  | 100   | 1162                           | 9300   | nicht untersucht                               | 543                       | 168                      | 9189                               |
| 23.06.2003                                       | 1100                                 | 845   | 550                            | 9300   | nicht untersucht                               | 5054                      | 3932                     | 300                                |
| 28.05.2002                                       | 1100                                 | 459   | 5900                           | 15000  | nicht untersucht                               | 163                       | 549                      | 1182                               |
| 30.09.2002                                       | 10000                                | 636   | 1505                           | 15000  | nicht untersucht                               | 1725                      | 1185                     | 200                                |
| 04.03.2002                                       | 100                                  | 800   | 97                             | 9300   | nicht untersucht                               | 1700                      | 1600                     | 37                                 |
| 18.07.2000                                       | 100                                  | 9300  | 3600                           | 240000   | 117000   | 5560                      | 2440                     | 240                                |
| 13.06.2000                                       | 100                                  | 180   | 2150                           | 4300   | 6700   | 4800                      | 1900                     | 285                                |
| 23.07.2002                                       | 1100                                 | 59  | 3100                           | 43000  | nicht untersucht                               | 1061                      | 2156                     | 1270                               |
| 02.06.2003                                       | 100                                  | 400   | 1690                           | 2300   | nicht untersucht                               | 3400                      | 2870                     | 400                                |
| 24.01.2000                                       | 100                                  | 1100  | 8200                           | 46000  | 112000   | 2600                      | 2050                     | 630                                |
| 05.10.1999                                       | nicht auswertbar                     | 8100  | 22000                          | 460000   | 120000   | 13700                     | 6000                     | 1200                               |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>S 8 Weilerswist</b>      |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 30.09.2002                  | 100                                  | 400   | 1135                           | 15000  | nicht untersucht                               | 1100                      | 2238                     | 300                                |
| 24.03.2003                  | 0                                    | 45  | 264                            | 930  | nicht untersucht                               | 1044                      | 291                      | 5000                               |
| 23.07.2002                  | 1100                                 | 24  | 2500                           | 15000  | nicht untersucht                               | 1596                      | 1628                     | 600                                |
| 28.05.2002                  | 1100                                 | 582   | 4182                           | 230  | nicht untersucht                               | 523                       | 195                      | 336                                |
| 25.03.2002                  | 100                                  | 450   | 490                            | 23000  | nicht untersucht                               | 1050                      | 300                      | 300                                |
| 23.06.2003                  | 1100                                 | 2818  | 382                            | 93000  | nicht untersucht                               | 27129                     | 10595                    | 136                                |
| 02.06.2003                  | 10                                   | 164   | 445                            | 2300   | nicht untersucht                               | 1080                      | 1540                     | 136                                |
| <b>S 9 Schweinheim</b>      |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 23.09.2002                  | 1100                                 | 5590  | 7658                           | 23000  | nicht untersucht                               | 5378                      | 4435                     | 1909                               |
| 08.07.2003                  | 100                                  | 600   | 745                            | 9300   | nicht untersucht                               | 3099                      | 1573                     | 127                                |
| 31.03.2003                  | 10                                   | 1545  | 4818                           | 23000  | nicht untersucht                               | 693                       | 549                      | 20                                 |
| 08.07.2002                  | 100                                  | 255   | 3180                           | 43000  | nicht untersucht                               | 1093                      | 1567                     | 1820                               |
| 14.05.2002                  | 0                                    | 1595  | 1153                           | 9300   | nicht untersucht                               | 524                       | 241                      | 255                                |
| 19.03.2002                  | 100                                  | 34  | 1020                           | 4300   | nicht untersucht                               | 528                       | 543                      | 40                                 |
| 16.06.2003                  | 100                                  | 900   | 564                            | 43000  | nicht untersucht                               | 5378                      | 2150                     | 118                                |
| <b>S10 Oberhalb KA Loch</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 25.10.1999                  | 1                                    | 100   | 380                            | 1500   | 4500   | 160                       | 230                      | 250                                |
| 03.07.2000                  | 10000                                | 16000   | 14000                          | 930000   | 115000   | 35500                     | 12000                    | 1500                               |
| 19.03.2002                  | 1100                                 | 38  | 281                            | 2300   | nicht untersucht                               | 1059                      | 365                      | 80                                 |
| 22.04.2002                  | 1100                                 | 14  | 89                             | 430  | nicht untersucht                               | 197                       | 536                      | 230                                |
| 09.09.2002                  | 10                                   | 99  | 320                            | 2100   | nicht untersucht                               | 2073                      | 511                      | 260                                |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                              | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>S10 Oberhalb KA Loch (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 17.03.2003                                | 0                                    | 0   | 364                            | 1500   | nicht untersucht                               | 198                       | 170                      | 20                                 |
| 12.05.2003                                | 1                                    | nicht auswertbar                                | 144                            | 930  | nicht untersucht                               | 1205                      | 160                      | 69                                 |
| 08.07.2003                                | 10                                   | 1300  | 1261                           | 20000  | nicht untersucht                               | 2614                      | 2144                     | 60                                 |
| 01.07.2002                                | 100                                  | 550   | 160                            | 15000  | nicht untersucht                               | 2151                      | 5297                     | 73                                 |
| <b>S11 Unterhalb KA Loch</b>              |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 26.10.1999                                | 0                                    | 1040  | 2800                           | 93000  | 86000  | 1575                      | 2050                     | 570                                |
| 22.04.2003                                | 10                                   | 18  | 300                            | 7000   | nicht untersucht                               | 1099                      | 424                      | 22                                 |
| 25.02.2003                                | 100                                  | 100   | 1009                           | 930000   | nicht untersucht                               | 242                       | 318                      | 18                                 |
| 14.10.2002                                | nicht auswertbar                     | 8378  | 12072                          | 93000  | nicht untersucht                               | 1644                      | 1080                     | 1818                               |
| 30.07.2002                                | 1100                                 | 227   | 3204                           | 93000  | nicht untersucht                               | 2559                      | 1870                     | 155                                |
| 02.04.2002                                | 1100                                 | 550   | 950                            | 1500   | nicht untersucht                               | 1686                      | 380                      | 541                                |
| 04.07.2000                                | 1000                                 | 30000   | 8400                           | 460000   | 235000   | 3250                      | 14000                    | 550                                |
| <b>S12 Jungbach bei Miel</b>              |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 17.03.2003                                | 0                                    | 100   | 129                            | 2300   | nicht untersucht                               | 1556                      | 529                      | 1000                               |
| 12.03.2002                                | 1                                    | 1100  | 500                            | 2300   | nicht untersucht                               | 969                       | 239                      | 260                                |
| 09.09.2002                                | 100                                  | 387   | 700                            | 4300   | nicht untersucht                               | 2140                      | 1079                     | 170                                |
| 01.07.2002                                | 100                                  | 600   | 210                            | 7500   | nicht untersucht                               | 4910                      | 2844                     | 82                                 |
| 08.07.2003                                | 1000                                 | 2455  | 436                            | 9300   | nicht untersucht                               | 1068                      | 1121                     | 82                                 |
| 22.04.2002                                | 0                                    | 236   | 97                             | 4300   | nicht untersucht                               | 1059                      | 123                      | 136                                |
| 12.05.2003                                | 1                                    | nicht auswertbar                                | 720                            | 2400   | nicht untersucht                               | 1050                      | 375                      | 320                                |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Flerzheim, Ablauf</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 14.03.2000                  | 100                                  | 670   | 2730                           | 21000  | 24500  | 1010                      | 530                      | 160                                |
| 12.10.1999                  | 10                                   | 670   | 2100                           | 24000  | 13000  | 280                       | 340                      | 60                                 |
| 23.11.1999                  | 100                                  | 11700   | 19000                          | 460000   | 160000   | 207                       | 209                      | 500                                |
| 15.02.2000                  | 100                                  | 1120  | 5400                           | 9300   | 30300  | 1070                      | 820                      | 340                                |
| 11.04.2000                  | 1000                                 | 1200  | 2800                           | 24000  | 35000  | 430                       | 160                      | 90                                 |
| 16.05.2000                  | 1100                                 | 10700   | 11200                          | 240000   | 198000   | 15000                     | 12000                    | 100                                |
| 27.06.2000                  | 1100                                 | 110   | 1225                           | 24000  | 17000  | 270                       | 950                      | 310                                |
| 25.07.2000                  | 100                                  | 1040  | 4900                           | 43000  | 30300  | 1260                      | 2290                     | 60                                 |
| 22.08.2000                  | 1000                                 | 1100  | 3600                           | 9300   | 41000  | 2400                      | 1600                     | 105                                |
| 04.01.2000                  | 9900                                 | 1200  | 3600                           | 24000  | 22900  | 1030                      | 580                      | 91                                 |
| <b>KA Flerzheim, Zulauf</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 24.07.2000                  | 1100000                              | 940000  | 3770000                        | 15000000                                       | 25500000                                       | 395000                    | 386000                   | 42000                              |
| 14.02.2000                  | nicht auswertbar                     | 2000000   | 22000000                       | 15000000                                       | 26000000                                       | 538000                    | 280000                   | 5000                               |
| 22.11.1999                  | 10000                                | 2500000   | 6300000                        | 46000000                                       | 178000000                                      | 55000                     | 120000                   | 171000                             |
| 11.10.1999                  | 100                                  | 12000000  | 15700000                       | 240000000                                      | 166000000                                      | 4800000                   | 7800000                  | 200000                             |
| 03.01.2000                  | 10000000                             | 3700000   | 9200000                        | 93000000                                       | 83000000                                       | 890000                    | 400000                   | 151000                             |
| 13.03.2000                  | 100000                               | 2100000   | 6200000                        | 23000000                                       | 28000000                                       | 242000                    | 330000                   | 80000                              |
| 10.04.2000                  | 100000                               | 3100000   | 13800000                       | 43000000                                       | 58000000                                       | 108000                    | 1200000                  | 45000                              |
| 26.06.2000                  | 11000000                             | 2020000   | 7200000                        | 93000000                                       | nicht auswertbar                               | 2330000                   | 1580000                  | 110000                             |
| 21.08.2000                  | 11000000                             | 2450000   | 7300000                        | 24000000                                       | 21700000                                       | 14000000                  | 8900000                  | 64000                              |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                              | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Flerzheim, Zulauf (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 27.09.1999                                | nicht auswertbar                     | 12000   | 2000                           | 2400   | nicht auswertbar                               | 2600                      | 1480                     | nicht auswertbar                   |
| 15.05.2000                                | 100000                               | 3800000   | 7700000                        | 43000000                                       | 15900000                                       | 830000                    | 924000                   | 74000                              |
| <b>KA Heimerzheim, Ablauf</b>             |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 15.11.1999                                | 1                                    | 2600  | 3400                           | 11000  | 78000  | 1510                      | 1870                     | 560                                |
| 28.02.2000                                | 1000                                 | 1500  | 2500                           | 2400   | 26500  | 1025                      | 250                      | 1300                               |
| 08.05.2000                                | 100                                  | 1300  | 2200                           | 46000  | 446000   | 2400                      | 5600                     | 340                                |
| 17.07.2000                                | 100                                  | 4900  | 9500                           | 46000  | 42500  | 1600                      | 1300                     | 640                                |
| <b>KA Heimerzheim, Zulauf</b>             |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 02.05.2000                                | 1100000                              | 3400000   | 14500000                       | 15000000                                       | 50000000                                       | 1590000                   | 890000                   | 140000                             |
| 21.02.2000                                | 100000                               | 1600000   | 8000000                        | 4600000  | 31200000                                       | 240000                    | 210000                   | 110000                             |
| 11.07.2000                                | 1000000                              | 4700000   | 17400000                       | 4300000  | 58000000                                       | 1150000                   | 1500000                  | 230000                             |
| 09.11.1999                                | 10000                                | 1840000   | 13000000                       | 46000000                                       | 130000000                                      | 1230000                   | 1350000                  | 347000                             |
| 21.09.1999                                | nicht auswertbar                     | 4900000   | 10900000                       | 110000000                                      | nicht auswertbar                               | 543000                    | 1300000                  | 800000                             |
| <b>KA Hilberath, Ablauf</b>               |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 05.06.2000                                | 100                                  | 4900  | 11700                          | 43000  | 68900  | 6700                      | 4730                     | 560                                |
| 25.04.2000                                | 1000                                 | 2500  | 16000                          | 93000  | 79000  | 800                       | 570                      | 420                                |
| 17.01.2000                                | 1000000                              | 4000  | 22000                          | 24000  | 67000  | 4800                      | 6100                     | 220                                |
| 15.11.1999                                | 1                                    | 6300  | 15700                          | 23000  | 42600  | 2360                      | 1820                     | 190                                |
| 27.09.1999                                | nicht auswertbar                     | 14000   | 25000                          | 11000  | nicht auswertbar                               | 4500                      | 7000                     | 1000                               |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Hilberath, Zulauf</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 10.01.2000                  | 1000000                              | 120000  | 250000                         | 1500000  | 10600000                                       | 240000                    | 120000                   | 4700                               |
| 17.04.2000                  | 1100000                              | 300000  | 630000                         | 2300000  | 1200000  | 430000                    | 170000                   | 3600                               |
| 08.11.1999                  | 100                                  | 2720000   | 7100000                        | 24000000                                       | 150000000                                      | 253000                    | 257000                   | 81000                              |
| 20.09.1999                  | nicht auswertbar                     | 1200000   | 60000                          | 24000000                                       | 200000   | 730000                    | 900000                   | 300000                             |
| 29.05.2000                  | 1000000                              | 4700000   | 4300000                        | 9300000  | 33000000                                       | 13000                     | 10500                    | 26000                              |
| <b>KA Loch, Ablauf</b>      |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 04.07.2000                  | 100                                  | 1100  | 22000                          | 430000   | 50000  | 4110                      | 7800                     | 1600                               |
| 30.05.2000                  | 1000                                 | 28000   | 95000                          | 1100000  | 620000   | 2500                      | 18000                    | 1130                               |
| 04.04.2000                  | 1000                                 | 1270  | 18700                          | 150000   | 56000  | 2210                      | 1660                     | 790                                |
| 18.01.2000                  | 10000                                | 100000  | 280000                         | 1100000  | 600000   | 13000                     | 7900                     | 5500                               |
| 26.10.1999                  | 999                                  | 4500  | 10000                          | 93000  | 117000   | 760                       | 2050                     | 11000                              |
| <b>KA Loch, Zulauf</b>      |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 25.10.1999                  | nicht auswertbar                     | 910000  | 12300000                       | 24000000                                       | 28600000                                       | 92000                     | 126000                   | 11000                              |
| 03.07.2000                  | 1100000                              | 430000  | 7500000                        | 4300000  | 19900000                                       | 321000                    | 580000                   | 41000                              |
| 29.05.2000                  | 1000000                              | 990000  | 7000000                        | 43000000                                       | 42000000                                       | 2900000                   | 3400000                  | 58000                              |
| 03.04.2000                  | 100000                               | 1680000   | 6200000                        | 11000000                                       | 1330000  | 90300                     | 138000                   | 31000                              |
| 17.01.2000                  | 100                                  | 2380000   | 4300000                        | 43000000                                       | 140000000                                      | 1010000                   | 650000                   | 87000                              |
| <b>KA Miel, Ablauf</b>      |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 20.06.2000                  | 100                                  | 380   | 510                            | 3900   | 13100  | 365                       | 250                      | 262                                |
| 03.11.1999                  | 1                                    | 6100  | 17800                          | 43000  | 156000   | 4530                      | 4130                     | 420                                |
| 07.12.1999                  | 1                                    | 140   | 1970                           | 4300   | 12000  | 120                       | 200                      | 22                                 |



## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                         | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Miel, Ablauf (Fortsetzung)</b> |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 29.02.2000                           | 1100                                 | 580   | 6600                           | 24000  | 36000  | 365                       | 555                      | 520                                |
| 23.05.2000                           | 1000                                 | 670   | 3200                           | 46000  | 26000  | 1015                      | 760                      | 107                                |
| <b>KA Miel, Zulauf</b>               |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 02.11.1999                           | 100                                  | 430000  | 1260000                        | 2300000  | 7800000  | 23800                     | 224000                   | 29600                              |
| 06.12.1999                           | nicht auswertbar                     | 2300000   | 8600000                        | 24000000                                       | 66000000                                       | 2780000                   | 2400000                  | 50000                              |
| 28.02.2000                           | 1100000                              | 2200000   | 16000000                       | 24000000                                       | 69000000                                       | 560000                    | 500000                   | 135000                             |
| 22.05.2000                           | 1100000                              | 2200000   | 9300000                        | 24000000                                       | 6400000  | 105000                    | 112000                   | 48000                              |
| 19.06.2000                           | 100000                               | 3400000   | 11000000                       | 240000000                                      | 1000000  | 150000                    | 67000                    | 220000                             |
| <b>KA Rheinbach, Ablauf</b>          |                                      |   |                                |  |  |                           |                          |                                    |
| 15.02.2000                           | 1100                                 | 1340  | 7500                           | 15000  | 45000  | 1230                      | 670                      | 1100                               |
| 12.10.1999                           | 1                                    | 800   | 520                            | 2300   | 20000  | 410                       | 430                      | 75                                 |
| 22.08.2000                           | 11000                                | 300   | 3300                           | 2400   | 17000  | 1060                      | 660                      | 81                                 |
| 25.07.2000                           | 100                                  | 1000  | 6300                           | 15000  | 35000  | 940                       | 875                      | 20                                 |
| 27.06.2000                           | 1100                                 | 80  | 500                            | 2400   | 12300  | 2140                      | 240                      | 56                                 |
| 16.05.2000                           | 1100                                 | 670   | 780                            | 4300   | 91000  | 1300                      | 1112                     | 14                                 |
| 11.04.2000                           | 1100                                 | 500   | 2950                           | 12000  | 29000  | 1770                      | 625                      | 74                                 |
| 14.03.2000                           | nicht auswertbar                     | 30  | 90                             | 2400   | 2300   | 320                       | 65                       | 19                                 |
| 06.01.2000                           | nicht auswertbar                     | 540   | 780                            | 4600   | 5890   | 240                       | 70                       | 59                                 |
| 23.11.1999                           | 100                                  | 8400  | 21700                          | 46000  | 180000   | 204                       | 377                      | 1100                               |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkal-<br/>streptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien</b> | <b>KBE 20°C<br/>(/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|--|--|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Rheinbach, Zulauf</b> |                                      |   |  |  |                                |                           |                          |                                    |
| 24.07.2000                  | 1100000                              | 2100000   | 6100000  | 15000000                                       | 31500000                       | 1440000                   | 1590000                  | 69000                              |
| 11.10.1999                  | 1000                                 | 6600000   | 11700000                                       | 90000000                                       | 102000000                      | 2650000                   | 3100000                  | 70000                              |
| 26.06.2000                  | 100000                               | 2030000   | 8100000  | 4300000  | nicht auswertbar               | 1200000                   | 1140000                  | 95000                              |
| 15.05.2000                  | 1000000                              | 2400000   | 7700000  | 43000000                                       | 40000000                       | 620000                    | 950000                   | 188000                             |
| 10.04.2000                  | 1000000                              | 9100000   | 17900000                                       | 93000000                                       | 75000000                       | 1500000                   | 1090000                  | 120000                             |
| 13.03.2000                  | 100000                               | 940000  | 10700000                                       | 46000000                                       | 60000000                       | 370000                    | 170000                   | 95000                              |
| 14.02.2000                  | nicht auswertbar                     | 530000  | 7800000  | 46000000                                       | 38000000                       | 1070000                   | 445000                   | 16000                              |
| 03.01.2000                  | 1000000                              | 760000  | 5900000  | 21000000                                       | 61000000                       | 430000                    | 200000                   | 57000                              |
| 22.11.1999                  | nicht auswertbar                     | 2400000   | 9700000  | 46000000                                       | 74000000                       | 57000                     | 263000                   | 95000                              |
| 21.08.2000                  | 11000000                             | 1550000   | 4410000  | 43000000                                       | 27400000                       | 510000                    | 1100000                  | 70000                              |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>           | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>K 1 Entenpfuhl</b>  |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 04.11.1997             | 78   | 9,83                     | 6              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,1   | 5   |
| 12.02.1997             | 0  | 60                       | 6              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 2,5   | 10  |
| 08.04.1997             | 88   | 1,6                      | 6              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4   | 6   |
| 03.06.1997             | 145  | 8,21                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,5  | 20  |
| 26.08.1997             | 83   | 13,9                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 15,8  | 16  |
| <b>K 2 Hoscheit</b>    |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 03.06.1997             | 124  | 2,62                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,2  | 22  |
| 04.11.1997             | 125  | 2,95                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,8   | 8   |
| 26.08.1997             | 135  | 4,5                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 16,2  | 16,2  |
| 12.02.1997             | 0  | 70                       | 6              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,8   | 8   |
| <b>K 3 Bruchgraben</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 29.07.1997             | 252  | 2,42                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13,5  | 25  |
| 16.12.1997             | 195  | 3,3                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5,9   | -5  |
| 25.03.1997             | 0  | 3,39                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,6   | 6   |
| 01.07.1997             | 298  | 2,21                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,7  | 15  |
| 07.10.1997             | 171  | 5,63                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13  | 15,2  |
| 28.01.1997             | 264  | 3,6                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5,4   | fehlt   |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                    | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|---------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>K 4 Fischbach</b>            |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 29.07.1997                      | 209  | 6,72                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13  | 25  |
| 07.10.1997                      | 125  | 70                       | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,5  | 15,2  |
| 16.12.1997                      | 261  | 2                        | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,2   | -5  |
| 25.03.1997                      | 0  | 12,81                    | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,1   | 7,3   |
| 01.07.1997                      | 210  | 15,15                    | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,1  | 15  |
| 28.01.1997                      | 247  | 1,5                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 2,6   | fehlt   |
| <b>K 5 Kall vor Paustenbach</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 23.09.1997                      | 156,8  | 2,49                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,3  | 23  |
| 02.12.1997                      | 160  | 3,07                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,3   | 3,4   |
| 06.01.1998                      | 136  | 10,5                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,1   | 5   |
| 15.07.1997                      | 118  | 9,02                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,8  | 23  |
| <b>K 6 Paustenbach</b>          |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 15.07.1997                      | 116  | 11,24                    | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13,8  | 23  |
| 23.09.1997                      | 157,7  | 1,6                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,6   | 20  |
| 22.04.1997                      | 168  | 1                        | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,6   | 4,9   |
| 17.06.1997                      | 162  | 1,39                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 10,9  | 13,2  |
| 02.12.1997                      | 16,1   | 3,1                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,4   | 3,4   |
| 25.02.1997                      | 0  | 20,5                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,2   | 8,5   |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                  | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>K 7 Roßbach</b>            |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 21.10.1997                    | 264  | 96,2                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,1   | 4,2   |
| 06.01.1998                    | 231  | 23                       | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,5   | 3   |
| 12.08.1997                    | 221  | 1,6                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13,3  | 22  |
| <b>K 8 Domäne-Drainage</b>    |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 18.11.1997                    | 179  | 9,4                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,9   | 5,1   |
| 17.06.1997                    | 209  | 5,7                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,2  | 13  |
| 09.09.1997                    | 176  | 10,2                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,7  | 16,5  |
| 22.04.1997                    | 212  | 4,53                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,6   | 6,6   |
| 25.02.1997                    | 0  | 30,5                     | 6              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5,5   | 7,5   |
| <b>K 9 Keltzerbach li Arm</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 20.01.1998                    | 189  | 6,99                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,4   | 0   |
| 09.09.1997                    | 235  | 1,1                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,8  | 14,5  |
| 18.11.1997                    | 206  | 2                        | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,8   | 4,8   |
| <b>K10 Keltzerbach</b>        |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 06.05.1997                    | 125,4  | 27,5                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 9,1   | 8,6   |
| 20.01.1998                    | 174  | 3,8                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,8   | 0   |
| 20.05.1997                    | 156,2  | 2,2                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,4  | 15,4  |
| 14.01.1997                    | 239  | 0,58                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 1,1   | -0,6  |
| 21.10.1997                    | 174  | 2,12                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,8   | 4   |
| 12.08.1997                    | 166  | 1                        | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 15,5  | 23  |
| 11.03.1997                    | 0  | 1,3                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5   | 9   |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>      | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>Kall Pegel</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 12.08.1997        | 194  | 6,8                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13  | 16,8  |
| 14.01.1997        | 258  | 1,35                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 0,5   | -2  |
| 09.09.1997        | 166,5  | 3,1                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,3  | 14,2  |
| 26.08.1997        | 0  | 1                        | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 0   | 0   |
| 29.07.1997        | 175  | 3,7                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,5  | 14,4  |
| 03.06.1997        | 182  | 1,89                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 9,6   | 9,6   |
| 20.05.1997        | 151,1  | 3,1                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,6  | 14,4  |
| 25.03.1997        | 152,4  | 4,14                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5,9   | 5,4   |
| 20.01.1998        | 153,4  | 5                        | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 0   | fehlt   |
| 18.11.1997        | 192  | 2,3                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3   | 1,1   |
| 16.12.1997        | 189  | 3,2                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 1,5   | -6,5  |
| 04.11.1997        | 204  | 0,83                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 2,4   | 2,9   |
| 08.04.1997        | 157  | 2,46                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,8   | 3   |
| 23.09.1997        | 203  | 2,2                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,8   | 7,4   |
| 02.12.1997        | 190  | 4,5                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 1,9   | 1,2   |
| 22.04.1997        | 161,9  | 1,45                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,1   | 2,9   |
| 11.03.1997        | 178,1  | 2                        | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,5   | 2,6   |
| 28.01.1997        | 212  | 1,77                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 0,1   | fehlt   |
| 07.10.1997        | 199  | 1,88                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,5  | 14,2  |
| 02.09.1997        | 146,8  | 7,7                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,2  | 15  |
| 17.06.1997        | 165  | 10,5                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,1  | 10,8  |
| 01.07.1997        | 132  | 6,79                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,8  | 13,2  |
| 21.10.1997        | 197  | 3,2                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,4   | 3,5   |
| 06.01.1998        | 145  | 10,2                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7   | 6,5   |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                    | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|---------------------------------|---|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>Kall Pegel (Fortsetzung)</b> |   |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 12.02.1997                      | 165,2   | 102,5                    | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,6   | 8,6   |
| 25.02.1997                      | 125,8   | 109,7                    | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,3   | 8   |
| 15.07.1997                      | 130   | 11,27                    | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 13,7  | 21  |
| 06.05.1997                      | 146,3   | 5,1                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 9,4   | 9,5   |
| <b>Wahnbach Pegel</b>           |   |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 05.02.1997                      | 0   | 319                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,1   | 4,4   |
| 09.12.1997                      | 0   | 2,9                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,3   | 4,7   |
| 28.10.1997                      | 0   | 3,8                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,8   | 4,9   |
| 14.10.1997                      | 0   | 10,4                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 10  | 11,2  |
| 16.09.1997                      | 0   | 12,5                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,2  | 19,3  |
| 01.09.1997                      | 0   | 19,7                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 17,8  | 22,7  |
| 29.04.1997                      | 0   | 22,1                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 10,2  | 11,1  |
| 13.01.1998                      | 0   | 5,9                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,8   | -0,4  |
| 13.05.1997                      | 0   | 15,3                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,2  | 14,7  |
| 22.07.1997                      | 0   | 19                       | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 16,5  | 17,7  |
| 19.08.1997                      | 0   | 8                        | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 17,2  | 21,4  |
| 05.08.1997                      | 0   | 16,8                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 17,2  | 19,8  |
| 18.02.1997                      | 0   | 36                       | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,1   | 9,7   |
| 10.06.1997                      | 0   | 3,8                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 15,6  | 18  |
| 11.11.1997                      | 0   | 5                        | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 8,2   | 8,2   |
| 27.05.1997                      | 0   | 13,3                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,1  | 13,2  |
| 15.04.1997                      | 0   | 2,3                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,7   | 7,9   |
| 01.04.1997                      | 0   | 8,1                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,7   | 10,9  |
| 18.03.1997                      | 0   | 9,16                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 8,4   | 10,1  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                        | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-------------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>Wahnbach Pegel (Fortsetzung)</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 05.03.1997                          | 0  | 8,26                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 7,9   | 13,5  |
| 25.11.1997                          | 0  | 3,3                      | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,4   | 3,5   |
| 22.01.1997                          | 0  | 5,65                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 0,8   | 7,3   |
| 23.06.1997                          | 0  | 19,9                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,2  | 14,5  |
| 07.01.1997                          | 0  | 3                        | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | fehlt   | fehlt   |
| 29.09.1997                          | 0  | 12,8                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 11,7  | 19,8  |
| 08.07.1997                          | 0  | 20,3                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,9  | 15,8  |
| <b>Nauholzbach Pegel</b>            |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 01.04.1997                          | 82   | 0,88                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,9   | 7,1   |
| 20.01.1997                          | 0  | 1,38                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 2,1   | 3   |
| 29.09.1997                          | 0  | 0,8                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 8,8   | 6,7   |
| 13.10.1997                          | 0  | 1,4                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 8,3   | 5,7   |
| 10.11.1997                          | 9,8  | 1,3                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,5   | 6   |
| 02.09.1997                          | 0  | 0,5                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 14,6  | 15  |
| 26.05.1997                          | 0  | 0,86                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,5   | 7,2   |
| 04.08.1997                          | 0  | 0,42                     | 8              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 12,8  | 16  |
| 07.07.1997                          | 0  | 2,3                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 9,7   | 18  |
| 30.04.1997                          | 0  | 2,7                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 6,9   | 7,1   |
| 24.11.1997                          | 8,8  | 0,5                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,7   | 0,8   |
| 27.10.1997                          | 9,7  | 0,31                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 4,5   | -0,9  |
| 17.02.1997                          | 0  | 2,6                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 3,5   | 2,1   |
| 15.12.1997                          | 8  | 3,8                      | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5,3   | 0,1   |
| 23.06.1997                          | 0  | 1,05                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 10,2  | 10,3  |
| 03.03.1997                          | 7,6  | 2,42                     | 7              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | 5,7   | 4,2   |



## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                     | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|----------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>S 1 Oberhalb Holzweiler</b>   |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 15.04.2003                       | 305  | 5,4                      | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 7,8   | 17,2  |
| 05.06.2000                       | 427  | 16,89                    | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 14,4  | 18,9  |
| 17.04.2000                       | 396  | fehlt                    | 8              | 15                                | nicht bestimmt           | 8,7   | 13,7  |
| 14.12.1999                       | 511  | 10,63                    | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 4,5   | 3,6   |
| 07.09.1999                       | 462  | 4,40                     | 8              | 14                                | nicht bestimmt           | 16,9  | 26  |
| 30.06.2003                       | 449  | 10,7                     | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 14,3  | 21,7  |
| 15.04.2002                       | 354  | 3,4                      | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 6   | 10  |
| 25.02.2002                       | 260  | fehlt                    | 7              | 30                                | nicht bestimmt           | 5   | 8,7   |
| 09.12.2002                       | 310  | 5,65                     | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 0,1   | -4,9  |
| 26.08.2002                       | 346  | 8,2                      | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 14,7  | 17  |
| 24.06.2002                       | 362  | 7,45                     | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 14,4  | 20,1  |
| <b>S 2 Oberhalb KA Flerzheim</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 08.04.2003                       | 669  | 6,2                      | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 3,8   | 10,2  |
| 16.06.2003                       | fehlt  | 7                        | 14             | nicht bestimmt                    | fehlt                    | fehlt   |   |
| 10.06.2002                       | 638  | 6,43                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 14  | 19,1  |
| 08.04.2002                       | 732  | 2,16                     | 8              | 14                                | nicht bestimmt           | 5,8   | 13,1  |
| 19.08.2002                       | 912  | 5,2                      | 8              | 38                                | nicht bestimmt           | 18,4  | 24,2  |
| 10.07.2000                       | 505  | 27,70                    | 8              | 20                                | nicht bestimmt           | 13,4  | 18,1  |
| 20.03.2000                       | 592  | 5,11                     | 9              | 10                                | nicht bestimmt           | 6,8   | 11,8  |
| 30.11.1999                       | 914  | 6,27                     | 8              | 15,20                             | nicht bestimmt           | 6,5   | 8,3   |
| 13.09.1999                       | 748  | 3,55                     | 9              | 18                                | nicht bestimmt           | 20,5  | 30,6  |
| 07.10.2002                       | 619  | 8,11                     | 8              | 12                                | nicht bestimmt           | 9,2   | 9,7   |
| 25.02.2002                       | 499  | nicht bestimmt           | 8              | 88                                | nicht bestimmt           | 6   | 11,8  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                      | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-----------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>S 3 Unterhalb KA Flerzheim</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 13.09.1999                        | 955  | 6,40                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 20,1  | 22,5  |
| 20.03.2000                        | 713  | 5,63                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 7   | 10,3  |
| 10.07.2000                        | 452  | 17,74                    | 8              | 18                                | nicht bestimmt           | 15,6  | 13,3  |
| 02.04.2002                        | 815  | 3,53                     | 8              | 22                                | nicht bestimmt           | 11,2  | 23,4  |
| 29.11.1999                        | 969  | 2,69                     | 8              | 13,60                             | nicht bestimmt           | 9,6   | 9,4   |
| 22.04.2003                        | 883  | 5                        | 8              | 15                                | nicht bestimmt           | 12,6  | 15,1  |
| 14.10.2002                        | 924  | 2,3                      | 7              | 10                                | nicht bestimmt           | 13,3  | 12,5  |
| 30.07.2002                        | 944  | 2,36                     | 7              | 30                                | nicht bestimmt           | 20,1  | 28,3  |
| <b>S 4 Morenhoven</b>             |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 10.06.2002                        | 697  | 4,77                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 17  | 18,4  |
| 08.04.2002                        | 732  | 2,01                     | 9              | 10                                | nicht bestimmt           | 9,7   | 11,7  |
| 07.10.2002                        | 486  | 6,9                      | 8              | 12                                | nicht bestimmt           | 12,3  | 13,5  |
| 19.08.2002                        | 926  | 11,6                     | 8              | 44                                | nicht bestimmt           | 21,5  | 29  |
| 08.04.2003                        | 781  | 4,8                      | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 7,9   | 9,7   |
| 04.03.2002                        | 650  | fehlt                    | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 6,4   | 9,3   |
| 16.06.2003                        | 737  | 8,58                     | 8              | 19                                | nicht bestimmt           | 20,5  | 22,9  |
| <b>S 5 Unterhalb KA Miel</b>      |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 16.06.2003                        | 710  | 7,9                      | 8              | 16                                | nicht bestimmt           | 16,9  | 28,9  |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                       | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|------------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>S 5 Unterhalb KA Miel</b>       |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 08.07.2003                         | 10   | nicht bestimmt           |                |                                   |                          |   |   |
| 23.09.2002                         | 629  | 12,9                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 14  | 11,6  |
| 08.07.2002                         | 657  | 15,7                     | 8              | 20                                | nicht bestimmt           | 19,5  | 29,9  |
| 14.05.2002                         | 565  | 17,39                    | 8              | 22                                | nicht bestimmt           | 14,4  | 18,6  |
| 25.03.2002                         | 621  | 10,3                     | 8              | 16                                | nicht bestimmt           | 5,8   | 8,6   |
| 19.06.2000                         | 962  | 8,04                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 19,7  | 30,4  |
| 22.05.2000                         | 617  | 5,26                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 14  | 13,4  |
| 10.01.2000                         | 846  | 3,86                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 6,5   | 11,3  |
| 19.10.1999                         | 583  | 5,31                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 11,1  | 13,1  |
| 31.03.2003                         | 795  | 4                        | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 9,3   | 15,2  |
| <b>S 6 Oberhalb KA Heimerzheim</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 24.01.2000                         | 590  | 13,31                    | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 2,3   | 1,1   |
| 30.06.2003                         | 932  | 5,2                      | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 17,6  | 20,2  |
| 15.04.2003                         | 770  | 4,2                      | 9              | 12                                | nicht bestimmt           | 11,6  | 24,3  |
| 09.12.2002                         | 667  | 5,7                      | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 1,5   | -2,1  |
| 26.08.2002                         | 536  | 11,2                     | 8              | 43                                | nicht bestimmt           | 17,6  | 24,6  |
| 24.06.2002                         | 803  | 9,41                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 17,7  | 25,1  |
| 15.04.2002                         | 788  | 2,6                      | 9              | 10                                | nicht bestimmt           | 9,4   | 12,6  |
| 12.03.2002                         | 694  | 5,2                      | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 9,4   | 16,7  |
| 13.06.2000                         | 909  | 6,10                     | 8              | 10                                | nicht bestimmt           | 16,4  | 20,2  |
| 04.10.1999                         | 422  | 12,24                    | 8              | 26,40                             | nicht bestimmt           | 12,8  | 13  |
| 17.07.2000                         | 355  | 21,5                     | 8              | 23                                | nicht bestimmt           | 14,4  | 16  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b> | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|--------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
|--------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|

### **S 7 Unterhalb KA Heimerzheim**

|            |     |                |    |       |                |      |      |
|------------|-----|----------------|----|-------|----------------|------|------|
| 24.03.2003 | 722 | 3,9            | 8  | 10    | nicht bestimmt | 6,5  | 22,5 |
| 23.06.2003 | 916 | 8,3            | 8  | 10    | nicht bestimmt | 19,5 | 30,1 |
| 28.05.2002 | 819 | nicht bestimmt | 8  | 10    | nicht bestimmt | 13,7 | 16,8 |
| 30.09.2002 | 552 | 10,48          | 8  | 12    | nicht bestimmt | 11,2 | 11,2 |
| 04.03.2002 | 577 | nicht bestimmt | 8  | 10    | nicht bestimmt | 6,5  | 11,5 |
| 18.07.2000 | 447 | 17,46          | 8  | 18    | nicht bestimmt | 14,7 | 18,9 |
| 13.06.2000 | 905 | 4,76           | 9  | 10    | nicht bestimmt | 22   | 28,5 |
| 23.07.2002 | 715 | 6,84           | 8  | 10    | nicht bestimmt | 16,1 | 19,7 |
| 02.06.2003 | 883 | 5,4            | 10 | 10    | nicht bestimmt | 20   | 30,1 |
| 24.01.2000 | 613 | 14,85          | 8  | 10    | nicht bestimmt | 1,5  | 1,2  |
| 05.10.1999 | 491 | 15,22          | 8  | 40,80 | nicht bestimmt | 13   | 11,5 |

### **S 8 Weilerswist**

|            |     |      |    |                |                |      |      |
|------------|-----|------|----|----------------|----------------|------|------|
| 30.09.2002 | 540 | 9,6  | 8  | 10             | nicht bestimmt | 12,1 | 15,4 |
| 24.03.2003 | 718 | 3,6  | 9  | 10             | nicht bestimmt | 8,9  | 22,9 |
| 23.07.2002 | 694 | 9,23 | 8  | 29             | nicht bestimmt | 17,7 | 21,6 |
| 28.05.2002 | 783 | 8    | 10 | nicht bestimmt | 17,3           | 22,7 |      |
| 25.03.2002 | 576 | 8,21 | 9  | 18             | nicht bestimmt | 6,2  | 11,8 |
| 23.06.2003 | 890 | 14,4 | 8  | 15             | nicht bestimmt | 18,8 | 24,4 |
| 02.06.2003 | 849 | 4,6  | 8  | 10             | nicht bestimmt | 23,7 | 31,7 |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b> | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|--------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
|--------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|

### **S 9 Schweinheim**

|            |                |                |                |    |                  |                |                |
|------------|----------------|----------------|----------------|----|------------------|----------------|----------------|
| 23.09.2002 | 366            | 17,2           | 7              | 10 | 23               | 11,5           | 11             |
| 08.07.2003 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 10 | nicht untersucht | nicht bestimmt | nicht bestimmt |
| 31.03.2003 | 319            | 8,8            | 7              | 10 | nicht untersucht | 7,1            | 19,6           |
| 08.07.2002 | 353            | 14,48          | 8              | 10 | 16,1             | 15,5           | 21,9           |
| 14.05.2002 | 280            | 19,8           | 7              | 21 | 141,2            | 11,8           | 14,3           |
| 19.03.2002 | 294            | 7,6            | 8              | 24 | 141,4            | 7,6            | 10,8           |
| 16.06.2003 | 348            | 20,7           | 8              | 20 | nicht untersucht | 16,2           | 32,3           |

### **S10 Oberhalb KA Loch**

|            |                |                |                |      |                |                |                |
|------------|----------------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|
| 25.10.1999 | 321            | 2,70           | 7              | 10   | nicht bestimmt | 9,2            | 10,2           |
| 03.07.2000 | 320            | 114,90         | 8              | 69   | nicht bestimmt | 17,3           | 18,1           |
| 19.03.2002 | 240            | 9,8            | 7              | 12   | 48,6           | 6,9            | 9              |
| 22.04.2002 | 241            | 9,88           | 7              | 11,2 | 44             | 8,3            | 19,3           |
| 09.09.2002 | 271            | nicht bestimmt | 7              | 23   | 5,1            | 16,3           | 22,2           |
| 17.03.2003 | 249            | 8,3            | 7              | 10   | 18,2           | 3,8            | 14,5           |
| 12.05.2003 | 292            | 0,29           | 7              | 16   | 6,4            | 14,3           | 20,5           |
| 08.07.2003 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 39   | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt |
| 01.07.2002 | 317            | 20,35          | 7              | 10   | 1              | 13,7           | 14,5           |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                 | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b>   | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|------------------------------|--|--------------------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>S11 Unterhalb KA Loch</b> |  |                          |                  |                                   |                          |   |   |
| 26.10.1999                   | 612  | 4,20                     | 7                | 10                                | nicht bestimmt           | 11,9  | 12,6  |
| 22.04.2003                   | 328  | 14,1                     | 8                | 12                                | nicht untersucht         | 10,2  | 11,7  |
| 25.02.2003                   | 317  | 6,7                      | 7                | 10                                | 22,7                     | 1,3   | 9,8   |
| 14.10.2002                   | 487  | 4,4                      | 7                | 10                                | 7,6                      | 10,6  | 12,6  |
| 30.07.2002                   | 462  | 8,52                     | 7                | 27                                | 4,1                      | 17,8  | 27,1  |
| 02.04.2002                   | 311  | 52,8                     | 7                | 84                                | 32,4                     | 7,35  | 19,8  |
| 04.07.2000                   | 301  | 301                      | 8                | 33                                | nicht bestimmt           | 15,3  | 17,9  |
| <b>S12 Jungbach bei Miel</b> |  |                          |                  |                                   |                          |   |   |
| 17.03.2003                   | 268  | 8,8                      | 9                | 10                                | 126                      | 7   | 17,1  |
| 12.03.2002                   | 382  | 5,1                      | 8                | 10                                | 112,5                    | 7,7   | 13,4  |
| 09.09.2002                   | 266  | 9                        | 28               | 60,4                              | 17                       | 31,3  |   |
| 01.07.2002                   | 750  | 13,6                     | 8                | 10                                | 2                        | 14,5  | 16,6  |
| 08.07.2003                   | nicht bestimmt   | 10                       | nicht untersucht |                                   |                          |   |   |
| 22.04.2002                   | 288  | 11,9                     | 8                | 26,4                              | 224                      | 10,7  | 21,3  |
| 12.05.2003                   | 494  | 4,3                      | 8                | 13                                | 7                        | 16,1  | 22,6  |
| <b>KA Flerzheim, Ablauf</b>  |  |                          |                  |                                   |                          |   |   |
| 14.03.2000                   | 879  | 1,07                     | 7                | 10                                | nicht untersucht         | 11  | 11,5  |
| 12.10.1999                   | 839  | 0,10                     | 8                | 10                                | nicht untersucht         | 16,8  | 16,4  |
| 23.11.1999                   | 1272   | 2,86                     | 7                | 10                                | nicht untersucht         | 10,8  | 6,2   |
| 15.02.2000                   | 765  | 1,07                     | 7                | 10                                | nicht untersucht         | 9,9   | 7   |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b> | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|--------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
|--------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|

### **KA Flerzheim, Ablauf (Fortsetzung)**

|            |                  |      |   |    |                  |      |      |
|------------|------------------|------|---|----|------------------|------|------|
| 11.04.2000 | nicht untersucht | 0,81 | 7 | 10 | nicht untersucht | 11,9 | 15,3 |
| 16.05.2000 | 914              | 1,03 | 7 | 10 | nicht untersucht | 7,38 | 26   |
| 27.06.2000 | 603              | 2,18 | 7 | 10 | nicht untersucht | 17,2 | 15,5 |
| 25.07.2000 | 622              | 1,27 | 7 | 10 | nicht untersucht | 17,3 | 16,7 |
| 22.08.2000 | 463              | 1,01 | 7 | 10 | nicht untersucht | 18,7 | 24,8 |
| 04.01.2000 | 983              | 3,06 | 7 | 33 | nicht untersucht | 10,2 | 6    |

### **KA Flerzheim, Zulauf**

|            |      |        |   |       |                  |      |      |
|------------|------|--------|---|-------|------------------|------|------|
| 24.07.2000 | 420  | 150    | 8 | 171   | nicht untersucht | 16,6 | 18,8 |
| 14.02.2000 | 1270 | 249    | 8 | 319   | nicht untersucht | 10,1 | 5,6  |
| 22.11.1999 | 1470 | 253    | 8 | 248   | nicht untersucht | 11,9 | 1,7  |
| 11.10.1999 | 1244 | 250    | 8 | 327   | nicht untersucht | 18,1 | 17,6 |
| 03.01.2000 | 1200 | 262    | 8 | 388   | nicht untersucht | 11,1 | 7,8  |
| 13.03.2000 | 1034 | 194,30 | 9 | 270   | nicht untersucht | 10,9 | 11,8 |
| 10.04.2000 | 1222 | 246    | 8 | 320   | nicht untersucht | 12   | 12,5 |
| 26.06.2000 | 1024 | 208,39 | 8 | 288   | nicht untersucht | 17,2 | 17,6 |
| 21.08.2000 | 605  | 128,89 | 8 | 108   | nicht untersucht | 18,2 | 21   |
| 27.09.1999 | 770  | 2,87   | 8 | 28,80 | nicht untersucht | 18,9 | 19   |
| 15.05.2000 | 1102 | 180,69 | 8 | 240   | nicht untersucht | 14,8 | 24,4 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                  | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-------------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>KA Heimerzheim, Ablauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 15.11.1999                    | 934  | 0,10                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 11,7  | 6,6   |
| 28.02.2000                    | 870  | 2,77                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 9,8   | 12,3  |
| 08.05.2000                    | 1056   | 1,35                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 17  | 26,3  |
| 17.07.2000                    | 527  | 2,76                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 16,8  | 23,3  |
| <b>KA Heimerzheim, Zulauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 02.05.2000                    | 1275   | 356                      | 8              | 232                               | nicht untersucht         | 15,2  | 20  |
| 21.02.2000                    | 1292   | 320                      | 8              | 199                               | nicht untersucht         | 11,3  | 5,4   |
| 11.07.2000                    | 1280   | 262                      | 8              | 379                               | nicht untersucht         | 17,2  | 16,7  |
| 09.11.1999                    | 1200   | 376                      | 8              | 420                               | nicht untersucht         | 15,4  | 11,4  |
| 21.09.1999                    | 1098   | 356                      | 8              | 1336                              | nicht untersucht         | 19,7  | 20,1  |
| <b>KA Hilberath, Ablauf</b>   |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 05.06.2000                    | 632  | 2,87                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 16,6  | 18,6  |
| 25.04.2000                    | 694  | 4,94                     | 7              | 13                                | nicht untersucht         | 11,8  | 18,2  |
| 17.01.2000                    | 972  | 2,24                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 7,1   | 5,5   |
| 15.11.1999                    | 771  | 0,10                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 9,7   | 3,2   |
| 27.09.1999                    | 758  | 1,41                     | 7              | 32                                | nicht untersucht         | 17,4  | 23,5  |
| <b>KA Hilberath, Zulauf</b>   |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 10.01.2000                    | 3450   | 134,70                   | 8              | 76                                | nicht untersucht         | 7,8   | 2,6   |
| 17.04.2000                    | 800  | 192,60                   | 9              | 264                               | nicht untersucht         | 9,5   | 13,3  |
| 08.11.1999                    | 1020   | 403                      | 9              | 250                               | nicht untersucht         | 12,5  | 9,7   |
| 20.09.1999                    | 982  | 388                      | 9              | 115                               | nicht untersucht         | 17,4  | 21,6  |
| 29.05.2000                    | 1008   | 252                      | 8              | 86                                | nicht untersucht         | 13  | 11,2  |



---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>           | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>KA Loch, Ablauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 04.07.2000             | 594  | 17,92                    | 7              | 18                                | nicht untersucht         | 15,4  | 21,9  |
| 30.05.2000             | 927  | 4,39                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 15,1  | 18,4  |
| 04.04.2000             | 658  | 1,81                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 9,6   | 12,6  |
| 18.01.2000             | 898  | 5,55                     | 7              | 10,40                             | nicht untersucht         | 8,8   | 6,6   |
| 26.10.1999             | 979  | 17                       | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 14,6  | 14,9  |
| <b>KA Loch, Zulauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 25.10.1999             | 1222   | 195,20                   | 8              | 168                               | nicht untersucht         | 14,1  | 13,6  |
| 03.07.2000             | 984  | 442                      | 8              | 1509                              | nicht untersucht         | 16,5  | 21,6  |
| 29.05.2000             | 954  | 200,70                   | 8              | 263                               | nicht untersucht         | 13,4  | 15,6  |
| 03.04.2000             | 732  | 65,60                    | 7              | 34,40                             | nicht untersucht         | 9,5   | 16,1  |
| 17.01.2000             | 1012   | 181                      | 8              | 185                               | nicht untersucht         | 9,6   | 5,8   |
| <b>KA Miel, Ablauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 20.06.2000             | 993  | 3,5                      | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 19,3  | 30,1  |
| 03.11.1999             | 423  | 2,78                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 13,2  | 9,7   |
| 07.12.1999             | 851  | 2,86                     | 8              | 12,80                             | nicht untersucht         | 8,3   | 6,4   |
| 29.02.2000             | 673  | 1,5                      | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 8,7   | 8,2   |
| 23.05.2000             | 522  | 1,17                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 13,9  | 16  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-----------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>KA Miel, Zulauf</b>      |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 02.11.1999                  | 306  | 61,90                    | 7              | 13,60                             | nicht untersucht         | 14,3  | 13,2  |
| 06.12.1999                  | 1291   | 329                      | 9              | 220,40                            | nicht untersucht         | 11,4  | 4,9   |
| 28.02.2000                  | 1159   | 293                      | 9              | 249                               | nicht untersucht         | 9,2   | 10,2  |
| 22.05.2000                  | 580  | 80,70                    | 8              | 28                                | nicht untersucht         | 13,8  | 12,9  |
| 19.06.2000                  | 1176   | 216,80                   | 8              | 509                               | nicht untersucht         | 16,4  | 30,1  |
| <b>KA Rheinbach, Ablauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 15.02.2000                  | 710  | 0,76                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 10,3  | 10,2  |
| 12.10.1999                  | 822  | 0,10                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 16,3  | 20,3  |
| 22.08.2000                  | 429  | 0,84                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 19,3  | 26,1  |
| 25.07.2000                  | 550  | 0,91                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 17,8  | 19,1  |
| 27.06.2000                  | 648  | 0,72                     | 8              | 10                                | nicht untersucht         | 17,6  | 18,3  |
| 16.05.2000                  | 808  | 0,96                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 18,5  | 25,9  |
| 11.04.2000                  | 0,52   | 8                        | 10             | nicht untersucht                  | 12                       | 13,9  |   |
| 14.03.2000                  | 763  | 0,41                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 11,3  | 12,8  |
| 06.01.2000                  | 812  | 1,18                     | 8              | 23                                | nicht untersucht         | 9,9   | 7,8   |
| 23.11.1999                  | 830  | 1,04                     | 7              | 10                                | nicht untersucht         | 10,9  | 7,7   |

---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie I - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>Elektr.<br/>Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>Abfluss<br/>(L/s)</b> | <b>Wasser-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Luft-<br/>temperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-----------------------------|--|--------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>KA Rheinbach, Zulauf</b> |  |                          |                |                                   |                          |   |   |
| 24.07.2000                  | 333  | 163                      | 8              | 133                               | nicht untersucht         | 17  | 20,3  |
| 11.10.1999                  | 1147   | 250                      | 8              | 214                               | nicht untersucht         | 16,9  | 18,1  |
| 26.06.2000                  | 1190   | 254                      | 8              | 189                               | nicht untersucht         | 17,5  | 16,5  |
| 15.05.2000                  | 984  | 254                      | 8              | 181                               | nicht untersucht         | 15,9  | 33,8  |
| 10.04.2000                  | 940  | 271                      | 9              | 286                               | nicht untersucht         | 12,6  | 12,3  |
| 13.03.2000                  | 1187   | 208,30                   | 7              | 80                                | nicht untersucht         | 11,6  | 14,7  |
| 14.02.2000                  | 800  | 178                      | 8              | 155                               | nicht untersucht         | 12,7  | 7,2   |
| 03.01.2000                  | 1012   | 305                      | 9              | 277                               | nicht untersucht         | 11,5  | 7,9   |
| 22.11.1999                  | 830  | 195                      | 9              | 248                               | nicht untersucht         | 9,9   | 4,6   |
| 21.08.2000                  | 442  | 105,20                   | 8              | 113,30                            | nicht untersucht         | 18,5  | 20,3  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>           | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>K 1 Entenpfuhl</b>  |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 04.11.1997             | 0                      | 0                        | 1                        | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.02.1997             | 0,25                   | 0                        | 4,5                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,06                  | 0                          | nicht bestimmt               |
| 08.04.1997             | 0                      | 0                        | 2,4                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 03.06.1997             | 0                      | 0                        | 4,6                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0,2                        | nicht bestimmt               |
| 26.08.1997             | 0                      | 0                        | 5,3                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>K 2 Hoscheit</b>    |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 03.06.1997             | 0                      | 0                        | 14,6                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 04.11.1997             | 0                      | 0                        | 6,5                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 26.08.1997             | 0                      | 0,03                     | 15                       | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.02.1997             | 0,57                   | 0,07                     | 14,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>K 3 Bruchgraben</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 29.07.1997             | 0                      | 0,03                     | 16,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,06                  | 0                          | nicht bestimmt               |
| 16.12.1997             | 0                      | 0,03                     | 24,3                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 25.03.1997             | 0,08                   | 0,05                     | 19,5                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 01.07.1997             | 0                      | 0                        | 14,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 07.10.1997             | 0                      | 0,28                     | 7                        | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,07                       | nicht bestimmt               |
| 28.01.1997             | 0,05                   | 0                        | 17,2                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |

---

## ***Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine***

| <b><i>Datum</i></b>             | <b><i>NH4N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrit<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Gesamt N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Organisches N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>PO4<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Phosphat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Sauerstoff<br/>(mg/L)</i></b> |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>K 4 Fischbach</b>            |                               |                                 |                                 |                                   |  |                              |                                   |                                     |
| 29.07.1997                      | 0                             | 0,02                            | 15,4                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 07.10.1997                      | 0,21                          | 0,12                            | 2,6                             | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,07                         | 0,2                               | nicht bestimmt                      |
| 16.12.1997                      | 0                             | 0,04                            | 27,9                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 25.03.1997                      | 0,09                          | 0,06                            | 20,2                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 01.07.1997                      | 0                             | 0                               | 13,1                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 28.01.1997                      | 0,06                          | 0                               | 17,5                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| <b>K 5 Kall vor Paustenbach</b> |                               |                                 |                                 |                                   |  |                              |                                   |                                     |
| 23.09.1997                      | 0                             | 0                               | 12                              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 02.12.1997                      | 0,05                          | 0,05                            | 13,5                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 06.01.1998                      | 0                             | 0                               | 14,7                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,2                          | 0,05                              | nicht bestimmt                      |
| 15.07.1997                      | 0,31                          | 0,09                            | 12,4                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| <b>K 6 Paustenbach</b>          |                               |                                 |                                 |                                   |  |                              |                                   |                                     |
| 15.07.1997                      | 0,4                           | 0,03                            | 9,9                             | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 23.09.1997                      | 0                             | 0                               | 7,5                             | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 22.04.1997                      | 0,04                          | 0,03                            | 11,8                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,06                         | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 17.06.1997                      | 0                             | 0                               | 8,1                             | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 02.12.1997                      | 0                             | 0                               | 9,3                             | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 25.02.1997                      | 0,17                          | 0                               | 14,1                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,05                         | 0                                 | nicht bestimmt                      |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                  | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>K 7 Roßbach</b>            |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 21.10.1997                    | 0                      | 0                        | 20,7                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 06.01.1998                    | 0,05                   | 0,3                      | 23,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,09                  | 0,1                        | nicht bestimmt               |
| 12.08.1997                    | 0                      | 0                        | 24,8                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>K 8 Domäne-Drainage</b>    |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 18.11.1997                    | 0                      | 0,02                     | 22,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 17.06.1997                    | 0,04                   | 0,04                     | 39,3                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 09.09.1997                    | 0                      | 0,04                     | 21,8                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 22.04.1997                    | 0                      | 0,02                     | 50                       | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 25.02.1997                    | 0,17                   | 0,03                     | 42,2                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,3                        | nicht bestimmt               |
| <b>K 9 Keltzerbach li Arm</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 20.01.1998                    | 0,09                   | 0,07                     | 12,6                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,04                       | nicht bestimmt               |
| 09.09.1997                    | 0                      | 0                        | 5,8                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 18.11.1997                    | 0                      | 0                        | 9,9                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>K10 Keltzerbach</b>        |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 06.05.1997                    | 0,05                   | 0,06                     | 13,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,03                  | 0                          | nicht bestimmt               |
| 20.01.1998                    | 0                      | 0,04                     | 15,8                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,03                       | nicht bestimmt               |
| 20.05.1997                    | 0                      | 0                        | 17,2                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 14.01.1997                    | 0                      | 0                        | 8,5                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,06                  | 0                          | nicht bestimmt               |
| 21.10.1997                    | 0                      | 0                        | 11,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,05                  | 0,3                        | nicht bestimmt               |
| 12.08.1997                    | 0                      | 0                        | 13,8                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 11.03.1997                    | 0                      | 0                        | 20,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |

---

## ***Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine***

| <b><i>Datum</i></b> | <b><i>NH4N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrit<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Gesamt N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Organisches N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>PO4<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Phosphat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Sauerstoff<br/>(mg/L)</i></b> |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Kall Pegel</b>   |                               |                                 |                                 |                                   |  |                              |                                   |                                     |
| 12.08.1997          | 0                             | 0,02                            | 17,3                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 14.01.1997          | 0,1                           | 0                               | 9,8                             | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,09                         | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 09.09.1997          | 0                             | 0                               | 13                              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 26.08.1997          | 0                             | 0                               | 13,2                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 29.07.1997          | 0                             | 0,02                            | 14,2                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,04                         | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 03.06.1997          | 0                             | 0                               | 15,7                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 20.05.1997          | 0                             | 0                               | 13,8                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 25.03.1997          | 0                             | 0,02                            | 15,5                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 20.01.1998          | 0,09                          | 0                               | 12,4                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0,05                              | nicht bestimmt                      |
| 18.11.1997          | 0                             | 0                               | 11,6                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,07                         | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 16.12.1997          | 0                             | 0,02                            | 22,2                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 04.11.1997          | 0                             | 0                               | 11,3                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 08.04.1997          | 0,08                          | 0,03                            | 17,3                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0,1                          | 0,04                              | nicht bestimmt                      |
| 23.09.1997          | 0                             | 0                               | 14,6                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 02.12.1997          | 0,08                          | 0,05                            | 14,3                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 22.04.1997          | 0                             | 0                               | 17                              | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 11.03.1997          | 0                             | 0                               | 18,2                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 28.01.1997          | 0,16                          | 0                               | 14,1                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 07.10.1997          | 0                             | 0                               | 10,4                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 02.09.1997          | 0,18                          | 0,09                            | 10,1                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |
| 17.06.1997          | 0,03                          | 0,04                            | 11,4                            | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt                         | 0                            | 0                                 | nicht bestimmt                      |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                    | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Kall Pegel (Fortsetzung)</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 01.07.1997                      | 0                      | 0                        | 8,1                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 21.10.1997                      | 0                      | 0                        | 11,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 06.01.1998                      | 0                      | 0                        | 17,1                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,04                  | 0,05                       | nicht bestimmt               |
| 12.02.1997                      | 0,44                   | 0,13                     | 15,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0                          | nicht bestimmt               |
| 25.02.1997                      | 0,16                   | 0                        | 11,7                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 15.07.1997                      | 0,19                   | 0,07                     | 12,6                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 06.05.1997                      | 0                      | 0                        | 15,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>Wahnbach Pegel</b>           |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 05.02.1997                      | 1,7                    | 0,09                     | 14,8                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0,5                        | nicht bestimmt               |
| 09.12.1997                      | 0,16                   | 0,09                     | 15,5                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,46                       | nicht bestimmt               |
| 28.10.1997                      | 0                      | 0                        | 24,1                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,4                        | nicht bestimmt               |
| 14.10.1997                      | 0                      | 0,06                     | 10,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,03                  | 0,35                       | nicht bestimmt               |
| 16.09.1997                      | 0                      | 0,4                      | 7,5                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,5                   | 1                          | nicht bestimmt               |
| 01.09.1997                      | 0                      | 0,05                     | 8,3                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0,7                        | nicht bestimmt               |
| 29.04.1997                      | 0,15                   | 0,2                      | 15,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0,5                        | nicht bestimmt               |
| 13.01.1998                      | 0,08                   | 0,1                      | 33,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,04                  | 0,09                       | nicht bestimmt               |
| 13.05.1997                      | 0,08                   | 0,03                     | 23,1                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,5                   | 0,2                        | nicht bestimmt               |
| 22.07.1997                      | 0                      | 0,08                     | 13,2                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,62                  | 0,37                       | nicht bestimmt               |
| 19.08.1997                      | 0                      | 0,03                     | 7,7                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,7                        | nicht bestimmt               |
| 05.08.1997                      | 0                      | 0,04                     | 12,7                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,09                  | 0,4                        | nicht bestimmt               |
| 18.02.1997                      | 0,3                    | 0                        | 25                       | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0,1                        | nicht bestimmt               |
| 10.06.1997                      | 0,03                   | 0,09                     | 16,5                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,09                  | 0,4                        | nicht bestimmt               |
| 11.11.1997                      | 0                      | 0,11                     | 12,4                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,3                        | nicht bestimmt               |



---

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                        | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Wahnbach Pegel (Fortsetzung)</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 27.05.1997                          | 0,03                   | 0,08                     | 21,5                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,06                       | nicht bestimmt               |
| 15.04.1997                          | 0,04                   | 0,1                      | 23,6                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,08                  | 0,2                        | nicht bestimmt               |
| 01.04.1997                          | 0,03                   | 0,1                      | 21,5                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,2                        | nicht bestimmt               |
| 18.03.1997                          | 0,1                    | 0,2                      | 17                       | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 05.03.1997                          | 0,14                   | 0,24                     | 21,6                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,1                        | nicht bestimmt               |
| 25.11.1997                          | nicht bestimmt         | 0,07                     | 14,7                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,07                  | 0,3                        | nicht bestimmt               |
| 22.01.1997                          | 1                      | 0,1                      | 21,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,13                  | 0,4                        | nicht bestimmt               |
| 23.06.1997                          | 0                      | 0,06                     | 21,8                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,1                   | 0,2                        | nicht bestimmt               |
| 07.01.1997                          | 1,46                   | 0,2                      | 21,7                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,2                   | 0,5                        | nicht bestimmt               |
| 29.09.1997                          | 0                      | 0,02                     | 5,4                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,3                   | 0,9                        | nicht bestimmt               |
| 08.07.1997                          | 0                      | 0,05                     | 13,6                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,34                       | nicht bestimmt               |
| <b>Nauholzbach Pegel</b>            |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 01.04.1997                          | 0                      | 0                        | 7                        | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 20.01.1997                          | 0                      | 0                        | 9,1                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,01                  | 0,06                       | nicht bestimmt               |
| 29.09.1997                          | 0                      | 0                        | 0,6                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 13.10.1997                          | 0                      | 0                        | 7,2                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 10.11.1997                          | 0                      | 0                        | 9,9                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 02.09.1997                          | 0                      | 0,02                     | 3,1                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 26.05.1997                          | 0                      | 0                        | 6,1                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 04.08.1997                          | 0                      | 0                        | 5,8                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,04                  | 0                          | nicht bestimmt               |
| 07.07.1997                          | 0                      | 0                        | 5,9                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 30.04.1997                          | 0                      | 0                        | 8,49                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 24.11.1997                          | 0                      | 0                        | 8,7                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                           | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|--|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Nauholzbach Pegel (Fortsetzung)</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 27.10.1997                             | 0                      | 0                        | 5,6                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0,05                  | 0                          | nicht bestimmt               |
| 17.02.1997                             | 0                      | 0                        | 8,9                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 15.12.1997                             | 0                      | 0                        | 10,9                     | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |
| 23.06.1997                             | 0                      | 0                        | 3,9                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0,1                        | nicht bestimmt               |
| 03.03.1997                             | 0                      | 0                        | 8,2                      | nicht bestimmt             | nicht bestimmt                  | 0                     | 0                          | nicht bestimmt               |

### **S 1 Oberhalb Holzweiler**

|            |                |                |                |                  |      |                |                |                  |
|------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------|----------------|----------------|------------------|
| 15.04.2003 | 0,03           | 0,006          | 1,8            | 6,8              | 5    | 0,03           | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 05.06.2000 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1    | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 8,77             |
| 17.04.2000 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1,70 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 12,47            |
| 14.12.1999 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1,70 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 13,48            |
| 07.09.1999 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1    | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 7,30             |
| 30.06.2003 | 0,05           | 0,06           | 5,3            | 5,6              | 1    | 0,05           | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 15.04.2002 | 0,55           | 0,065          | 2,2            | 5,1              | 2,2  | 0,29           | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 25.02.2002 | 0,13           | 0,015          | 3,12           | 4                | 1    | 0,03           | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 09.12.2002 | 0,03           | 0,006          | 2,5            | 2,5              | 1    | 0,03           | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 26.08.2002 | 0,03           | 0,006          | 2,4            | 2,4              | 1    | 0,03           | nicht bestimmt | 10,13            |
| 24.06.2002 | 0,03           | 0,02           | 2,1            | 3                | 1    | 0,03           | nicht bestimmt | nicht untersucht |

## ***Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine***

| <b><i>Datum</i></b>               | <b><i>NH4N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrit<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Gesamt N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Organisches N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>PO4<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Phosphat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Sauerstoff<br/>(mg/L)</i></b> |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>S 2 Oberhalb KA Flerzheim</b>  |                               |                                 |                                 |                                   |  |                              |                                   |                                     |
| 08.04.2003                        | 0,03                          | 0,006                           | 5,3                             | 6,4                               | 1,1                                    | 0,05                         | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |
| 16.06.2003                        | 0,03                          | 0,05                            | 5,1                             | 6                                 | 1                                      | 0,15                         | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |
| 10.06.2002                        | 0,25                          | 0,03                            | 4,7                             | 6,1                               | 1,2                                    | 0,03                         | nicht bestimmt                    | 9,2                                 |
| 08.04.2002                        | 0,03                          | 0,02                            | 5,8                             | 6,4                               | 1                                      | 0,21                         | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |
| 19.08.2002                        | 0,03                          | 0,006                           | 5,4                             | 5,7                               | 1                                      | 0,1                          | nicht bestimmt                    | 12,28                               |
| 10.07.2000                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 2,5                                    | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 11,62                               |
| 20.03.2000                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 1,10                                   | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 19,30                               |
| 30.11.1999                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 1,40                                   | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 13,07                               |
| 13.09.1999                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 1,10                                   | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 17,85                               |
| 07.10.2002                        | 0,05                          | 0,006                           | 3,5                             | 4,3                               | 1                                      | 0,11                         | nicht bestimmt                    | 11,62                               |
| 25.02.2002                        | 0,05                          | 0,015                           | 6,36                            | 7,8                               | 1,35                                   | 0,18                         | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |
| <b>S 3 Unterhalb KA Flerzheim</b> |                               |                                 |                                 |                                   |  |                              |                                   |                                     |
| 13.09.1999                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 1,40                                   | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 10,56                               |
| 20.03.2000                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 1,10                                   | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 18,40                               |
| 10.07.2000                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 1,70                                   | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 11,63                               |
| 02.04.2002                        | 0,03                          | 0,009                           | 9,5                             | 10                                | 1                                      | 0,11                         | nicht bestimmt                    | 23,6                                |
| 29.11.1999                        | nicht bestimmt                | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                  | nicht untersucht                  | 2,5                                    | nicht bestimmt               | nicht bestimmt                    | 13                                  |
| 22.04.2003                        | 0,03                          | 0,006                           | 1,6                             | 3,1                               | 1,4                                    | 0,11                         | nicht bestimmt                    | 11,64                               |
| 14.10.2002                        | 0,03                          | 0,006                           | 9,8                             | 10,3                              | 1                                      | 0,03                         | nicht bestimmt                    | 11,05                               |
| 30.07.2002                        | 0,17                          | 0,03                            | 12                              | 14                                | 2,07                                   | 0,09                         | nicht bestimmt                    | 9,2                                 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                 | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>S 4 Morenhoven</b>        |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 10.06.2002                   | 0,03                   | 0,03                     | 9,8                      | 10                         | 1                               | 0,03                  | nicht bestimmt             | 12,5                         |
| 08.04.2002                   | 0,03                   | 0,02                     | 6,5                      | 7,6                        | 1,12                            | 0,21                  | nicht bestimmt             | 29,4                         |
| 07.10.2002                   | 0,05                   | 0,006                    | 5,2                      | 5,8                        | 1                               | 0,29                  | nicht bestimmt             | 13,54                        |
| 19.08.2002                   | 0,05                   | 0,02                     | 9,1                      | 9,7                        | 1                               | 0,1                   | nicht bestimmt             | 14,5                         |
| 08.04.2003                   | 0,03                   | 0,006                    | 9,8                      | 12                         | 2,2                             | 0,12                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 04.03.2002                   | 0,03                   | 0,009                    | 7,3                      | 8,1                        | 1                               | 0,05                  | nicht bestimmt             | 12,6                         |
| 16.06.2003                   | 0,04                   | 0,01                     | 7,6                      | 8,2                        | 1                               | 0,19                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| <b>S 5 Unterhalb KA Miel</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 16.06.2003                   | 0,04                   | 0,006                    | 7,2                      | 7,5                        | 1                               | 0,3                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| <b>S 5 Unterhalb KA Miel</b> |                        |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 08.07.2003                   | 0,03                   | 0,02                     | 12,5                     | 15                         | 2,5                             | 0,29                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 23.09.2002                   | 0,03                   | 0,006                    | 5,1                      | 7,1                        | 1,96                            | 0,35                  | nicht bestimmt             | 10,7                         |
| 08.07.2002                   | 0,03                   | 0,02                     | 6,5                      | 7,6                        | 2,8                             | 0,32                  | nicht bestimmt             | 13,6                         |
| 14.05.2002                   | 0,03                   | 0,012                    | 6,5                      | 7,6                        | 1,1                             | 0,09                  | nicht bestimmt             | 15,2                         |
| 25.03.2002                   | 0,03                   | 0,01                     | 7,5                      | 8,4                        | 1                               | 0,3                   | nicht bestimmt             | 22,4                         |
| 19.06.2000                   | nicht bestimmt         | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,10                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 9,85                         |
| 22.05.2000                   | nicht bestimmt         | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2                               | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 11,38                        |
| 10.01.2000                   | nicht bestimmt         | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,96                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 14,38                        |
| 19.10.1999                   | nicht bestimmt         | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2,20                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 11,70                        |
| 31.03.2003                   | 0,03                   | 0,02                     | 8,5                      | 9,6                        | 1,1                             | 0,13                  | nicht bestimmt             | 14,6                         |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                        | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b>       | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>S 6 Oberhalb KA Heimerzheim</b>  |                              |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 24.01.2000                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,10                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 19,95                      |                              |
| 30.06.2003                          | 0,04                         | 0,02                     | 11                       | 12                         | 1                               | 0,19                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 15.04.2003                          | 0,03                         | 0,006                    | 8,5                      | 11                         | 2,2                             | 0,07                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 09.12.2002                          | 0,03                         | 0,006                    | 6,2                      | 6,8                        | 1                               | 0,03                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 26.08.2002                          | 0,03                         | 0,006                    | 3,3                      | 4,7                        | 1,4                             | 0,12                  | nicht bestimmt             | 12,06                        |
| 24.06.2002                          | 0,03                         | 0,01                     | 9,1                      | 10                         | 1,4                             | 0,1                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 15.04.2002                          | 0,03                         | 0,035                    | 7,8                      | 9,5                        | 1,7                             | 0,33                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 12.03.2002                          | 0,034                        | 0,02                     | 7,81                     | 9,5                        | 1,6                             | 0,13                  | nicht bestimmt             | 14,56                        |
| 13.06.2000                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 8,93                       |                              |
| 04.10.1999                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2,20                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 10,29                      |                              |
| 17.07.2000                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 12,02                      |                              |
| <b>S 7 Unterhalb KA Heimerzheim</b> |                              |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 24.03.2003                          | 0,03                         | 0,006                    | 8,5                      | 9,9                        | 1,4                             | 0,23                  | nicht bestimmt             | 14                           |
| 23.06.2003                          | 0,05                         | 0,01                     | 10                       | 11                         | 1                               | 0,37                  | nicht bestimmt             | 13,95                        |
| 28.05.2002                          | 0,05                         | 0,02                     | 9,2                      | 10                         | 1,1                             | 0,49                  | nicht bestimmt             | 10,03                        |
| 30.09.2002                          | 0,03                         | 0,013                    | 5,5                      | 6,7                        | 1,1                             | 0,35                  | nicht bestimmt             | 10,4                         |
| 04.03.2002                          | 0,1                          | 0,028                    | 7,7                      | 8,8                        | 1                               | 0,09                  | nicht bestimmt             | 12,95                        |
| 18.07.2000                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 10,25                      |                              |
| 13.06.2000                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 12,84                      |                              |
| 23.07.2002                          | 0,04                         | 0,008                    | 7,2                      | 8,6                        | 1,36                            | 0,16                  | nicht bestimmt             | 13,1                         |
| 02.06.2003                          | 0,1                          | 0,02                     | 8,8                      | 10                         | 1,3                             | 0,25                  | nicht bestimmt             | 9,7                          |
| 24.01.2000                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,70                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 19,98                      |                              |
| 05.10.1999                          | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,40                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt        | 9,95                       |                              |

## Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine

| Datum                       | NH <sub>4</sub> N<br>(mg/L) | Nitrit<br>(mg/L) | Nitrat<br>(mg/L) | Gesamt N<br>(mg/L) | Organisches N<br>(mg/L) | PO <sub>4</sub><br>(mg/L) | Phosphat<br>(mg/L) | Sauerstoff<br>(mg/L) |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>S 8 Weilerswist</b>      |                             |                  |                  |                    |                         |                           |                    |                      |
| 30.09.2002                  | 0,03                        | 0,009            | 5,6              | 6,5                | 1                       | 0,13                      | nicht bestimmt     | 12,6                 |
| 24.03.2003                  | 0,03                        | 0,01             | 8,4              | 12                 | 3,1                     | 0,7                       | nicht bestimmt     | 16,16                |
| 23.07.2002                  | 0,04                        | 0,01             | 6,5              | 8,2                | 1,64                    | 0,17                      | nicht bestimmt     | 13,6                 |
| 28.05.2002                  | 0,03                        | 0,008            | 8,7              | 10                 | 1,6                     | 0,13                      | nicht bestimmt     | 12,9                 |
| 25.03.2002                  | 0,04                        | 0,01             | 7,6              | 8,2                | 1                       | 0,14                      | nicht bestimmt     | 25,9                 |
| 23.06.2003                  | 0,03                        | 0,03             | 11               | 11                 | 1                       | 0,2                       | nicht bestimmt     | 13,4                 |
| 02.06.2003                  | 0,08                        | 0,05             | 8,9              | 10                 | 1,3                     | 0,21                      | nicht bestimmt     | 10,4                 |
| <b>S 9 Schweinheim</b>      |                             |                  |                  |                    |                         |                           |                    |                      |
| 23.09.2002                  | 0,17                        | 0,04             | 5,1              | 6                  | 1                       | 0,03                      | nicht bestimmt     | 9,8                  |
| 08.07.2003                  | 0,05                        | 0,01             | 5,4              | 5,9                | 1                       | 0,14                      | nicht bestimmt     | nicht untersucht     |
| 31.03.2003                  | 0,05                        | 0,04             | 3,4              | 4,5                | 1,1                     | 0,03                      | nicht bestimmt     | 11,6                 |
| 08.07.2002                  | 0,03                        | 0,02             | 3,7              | 5,4                | 1,6                     | 0,33                      | nicht bestimmt     | 11,84                |
| 14.05.2002                  | 0,04                        | 0,022            | 3,2              | 4,6                | 1,4                     | 0,07                      | nicht bestimmt     | 11,7                 |
| 19.03.2002                  | 0,12                        | 0,06             | 3,5              | 5,8                | 2,1                     | 0,03                      | nicht bestimmt     | 16,4                 |
| 16.06.2003                  | 0,03                        | 0,03             | 3,6              | 4,2                | 1                       | 0,14                      | nicht bestimmt     | nicht untersucht     |
| <b>S10 Oberhalb KA Loch</b> |                             |                  |                  |                    |                         |                           |                    |                      |
| 25.10.1999                  | nicht bestimmt              | nicht bestimmt   | nicht bestimmt   | nicht untersucht   | 1,40                    | nicht bestimmt            | nicht bestimmt     | 8,30                 |
| 03.07.2000                  | nicht bestimmt              | nicht bestimmt   | nicht bestimmt   | nicht untersucht   | 2,20                    | nicht bestimmt            | nicht bestimmt     | 8,72                 |
| 19.03.2002                  | 0,047                       | 0,03             | 2                | 3,4                | 1,35                    | 0,05                      | nicht bestimmt     | 17,1                 |
| 22.04.2002                  | 0,03                        | 0,01             | 1,9              | 1,4                | 1,4                     | 0,03                      | nicht bestimmt     | 2,35                 |
| 09.09.2002                  | 0,08                        | 0,04             | 1                | 2,8                | 1,6                     | 0,05                      | nicht bestimmt     | 9,4                  |
| 17.03.2003                  | 0,05                        | 0,006            | 1,9              | 3,3                | 1,35                    | 0,11                      | nicht bestimmt     | 12,75                |
| 12.05.2003                  | 0,11                        | 0,05             | 0,71             | 1,6                | 1                       | 0,15                      | nicht bestimmt     | 8,8                  |
| 08.07.2003                  | 0,47                        | 0,12             | 1,1              | 7,9                | 6,2                     | 0,25                      | nicht untersucht   | nicht bestimmt       |
| 01.07.2002                  | 0,08                        | 0,03             | 1,2              | 3,2                | 1,9                     | 0,03                      | nicht bestimmt     | 8,1                  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                 | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b>       | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO4<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>S11 Unterhalb KA Loch</b> |                              |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 26.10.1999                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,40                            | fehlt                 | nicht bestimmt             | 8,70                         |
| 22.04.2003                   | 0,03                         | 0,01                     | 11                       | 14                         | 2,5                             | 0,15                  | nicht bestimmt             | 10,29                        |
| 25.02.2003                   | 0,04                         | 0,04                     | 2,7                      | 3,6                        | 1                               | 0,03                  | nicht bestimmt             | 13,86                        |
| 14.10.2002                   | 0,03                         | 0,006                    | 9,1                      | 9,7                        | 1                               | 0,03                  | nicht bestimmt             | 9,4                          |
| 30.07.2002                   | 0,07                         | 0,05                     | 7                        | 9,3                        | 2,17                            | 0,07                  | nicht bestimmt             | 7,9                          |
| 02.04.2002                   | 0,036                        | 0,02                     | 2,4                      | 2,95                       | 1                               | 0,12                  | nicht bestimmt 1           | 6,2                          |
| 04.07.2000                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 3,40                            | fehlt                 | nicht bestimmt             | 9,88                         |
| <b>S12 Jungbach bei Miel</b> |                              |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 17.03.2003                   | 0,03                         | 0,01                     | 2,4                      | 3,8                        | 1,4                             | 0,66                  | nicht bestimmt             | 13,2                         |
| 12.03.2002                   | 0,03                         | 0,02                     | 5,09                     | 6,5                        | 1,4                             | 0,03                  | nicht bestimmt             | 11,98                        |
| 09.09.2002                   | 0,03                         | 0,006                    | 1,5                      | 3,2                        | 1,7                             | 0,03                  | nicht bestimmt             | 13,5                         |
| 01.07.2002                   | 0,03                         | 0,07                     | 7                        | 8,2                        | 1,1                             | 0,03                  | nicht bestimmt             | 8,79                         |
| 08.07.2003                   | 0,08                         | 0,16                     | 5,9                      | 6,6                        | 1                               | 0,11                  | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 22.04.2002                   | 0,03                         | 0,008                    | 2,9                      | 1,7                        | 1,7                             | 0,03                  | nicht bestimmt             | 13,29                        |
| 12.05.2003                   | 0,06                         | 0,03                     | 4                        | 6                          | 1,9                             | 0,09                  | nicht bestimmt             | 10,8                         |
| <b>KA Flerzheim, Ablauf</b>  |                              |                          |                          |                            |                                 |                       |                            |                              |
| 14.03.2000                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2                               | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 15,5                         |
| 12.10.1999                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2,5                             | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 9,26                         |
| 23.11.1999                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2                               | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 10,90                        |
| 15.02.2000                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,70                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 15,5                         |
| 11.04.2000                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,70                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 14,60                        |
| 16.05.2000                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2,20                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 9,20                         |
| 27.06.2000                   | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 3,40                            | nicht bestimmt        | nicht bestimmt             | 9,11                         |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b> | <b>NH<sub>4</sub>N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO<sub>4</sub><br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|--------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|--------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|

### **KA Flerzheim, Ablauf (Fortsetzung)**

|            |                              |                |                  |      |                |                |                  |
|------------|------------------------------|----------------|------------------|------|----------------|----------------|------------------|
| 25.07.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1    | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 10,20            |
| 22.08.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1    | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 04.01.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1,96 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 11,89            |

### **KA Flerzheim, Zulauf**

|            |                              |                |                  |       |                |                |                  |
|------------|------------------------------|----------------|------------------|-------|----------------|----------------|------------------|
| 24.07.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 13,40 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht |
| 14.02.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 35,30 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 7,40             |
| 22.11.1999 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 60,5  | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 5,70             |
| 11.10.1999 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 70,60 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 1,69             |
| 03.01.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 67,20 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 6,34             |
| 13.03.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 50,40 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 10,30            |
| 10.04.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 49,30 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 5,20             |
| 26.06.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 45,90 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 5,58             |
| 21.08.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 21,80 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 5,52             |
| 27.09.1999 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 2     | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 9,65             |
| 15.05.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 61    | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 5,23             |

### **KA Heimerzheim, Ablauf**

|            |                              |                |                  |      |                |                |       |
|------------|------------------------------|----------------|------------------|------|----------------|----------------|-------|
| 15.11.1999 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 2,20 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 14,18 |
| 28.02.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1,70 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 16,40 |
| 08.05.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 2,5  | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 9,87  |
| 17.07.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 1    | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 10,73 |

### **KA Heimerzheim, Zulauf**

|            |                              |                |                  |       |                |                |       |
|------------|------------------------------|----------------|------------------|-------|----------------|----------------|-------|
| 02.05.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 69,40 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 6,28  |
| 21.02.2000 | nicht bestimmtnicht bestimmt | nicht bestimmt | nicht untersucht | 55,20 | nicht bestimmt | nicht bestimmt | 10,20 |



## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                                | <b>NH<sub>4</sub>N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO<sub>4</sub><br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|---|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>KA Heimerzheim, Zulauf (Fortsetzung)</b> |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 11.07.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 60,5                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 5,20                       |                              |
| 09.11.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 79,5                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 7,20                       |                              |
| 21.09.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 72,20                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 1,28                       |                              |
| <b>KA Hilberath, Ablauf</b>                 |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 05.06.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 4,41                       |                              |
| 25.04.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 4                          |                              |
| 17.01.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,40                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 12,05                      |                              |
| 15.11.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 10,27                      |                              |
| 27.09.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,40                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 3,28                       |                              |
| <b>KA Hilberath, Zulauf</b>                 |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 10.01.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 11,5                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 12,34                      |                              |
| 17.04.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 35,30                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 5,45                       |                              |
| 08.11.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 42                         | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 4,82                       |                              |
| 20.09.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 53,80                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 2,95                       |                              |
| 29.05.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 61,60                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 3,90                       |                              |
| <b>KA Loch, Ablauf</b>                      |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 04.07.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2,20                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 6,85                       |                              |
| 30.05.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 3,73                       |                              |
| 04.04.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,7                        | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 9,20                       |                              |
| 18.01.2000                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 15,70                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 7,21                       |                              |
| 26.10.1999                                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,96                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   | 3,60                       |                              |
| bestimmt                                    | bestimmt                          |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                | <b>NH<sub>4</sub>N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO<sub>4</sub><br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>KA Loch, Zulauf</b>      |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 25.10.1999                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 45,40                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 8,26                         |
| 03.07.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 42,60                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 7,84                         |
| 29.05.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 45,90                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 8,40                         |
| 03.04.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 16,80                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 10,5                         |
| 17.01.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 37                         | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 13,61                        |
| <b>KA Miel, Ablauf</b>      |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 20.06.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 8,73                         |
| 03.11.1999                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,40                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 10,54                        |
| 07.12.1999                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2,20                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 12,10                        |
| 29.02.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2                          | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 15,35                        |
| 23.05.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1,70                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 10,22                        |
| <b>KA Miel, Zulauf</b>      |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 02.11.1999                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 1740                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 5,60                         |
| 06.12.1999                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 66,10                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 5,14                         |
| 28.02.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 42,60                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 9,83                         |
| 22.05.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 28,60                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 4,85                         |
| 19.06.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 73,90                      | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 7,56                         |
| <b>KA Rheinbach, Ablauf</b> |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 15.02.2000                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2,20                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 11,38                        |
| 12.10.1999                  | nicht bestimmtnicht bestimmt      | nicht bestimmt           | nicht untersucht         | 2,20                       | nicht bestimmt                  | nicht bestimmt                   |                            | 10,08                        |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Chemie II - Routine**

| <b>Datum</b>                              | <b>NH<sub>4</sub>N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>Gesamt N<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisches N<br/>(mg/L)</b> | <b>PO<sub>4</sub><br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|---|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>KA Rheinbach, Ablauf (Fortsetzung)</b> |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 22.08.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1                               | nicht bestimmt                   | nicht                      | nicht untersucht             |
| 25.07.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1                               | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 10,15                        |
| 27.06.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2,20                            | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 9,34                         |
| 16.05.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1                               | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 8,40                         |
| 11.04.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2,5                             | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 15,80                        |
| 14.03.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,40                            | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 14,08                        |
| 06.01.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 1,96                            | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 11,51                        |
| 23.11.1999                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 2,20                            | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 9,86                         |
| <b>KA Rheinbach, Zulauf</b>               |                                   |                          |                          |                            |                                 |                                  |                            |                              |
| 24.07.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 16,80                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 6,20                         |
| 11.10.1999                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 38,60                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 2,29                         |
| 26.06.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 44,20                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 3,15                         |
| 15.05.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 45,40                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 2,88                         |
| 10.04.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 39,20                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 9,5                          |
| 13.03.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 36,40                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 9,02                         |
| 14.02.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 37,50                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 03.01.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 47,60                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 5,55                         |
| 22.11.1999                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 17,40                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 8,40                         |
| 21.08.2000                                | nicht bestimmt                    | nicht bestimmt           | nicht bestimmt           | nicht untersucht           | 16,80                           | nicht bestimmt                   | nicht bestimmt             | 4,44                         |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b>             | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>Kall Pegel</b>        |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 12.02.1997               | 11                                   | 380                                       | 360                            | nicht auswertbar                               | 1  | 71000                        | 225                         | 310                                |
| 12.02.1997               | nicht auswertbar                     | 570                                       | 600                            | nicht auswertbar                               | 1  | 54800                        | 3100                        | 73                                 |
| 12.02.1997               | 11                                   | 440                                       | 200                            | nicht auswertbar                               | 1  | 50500                        | 2350                        | 496                                |
| 12.02.1997               | 11                                   | 130                                       | 290                            | nicht auswertbar                               | 1  | 64000                        | 2400                        | 240                                |
| 19.03.1997               | 10                                   | 5500                                      | 1600                           | nicht auswertbar                               | 46000  | 12200                        | 5550                        | 250                                |
| 19.03.1997               | 1                                    | 4800                                      | 1900                           | nicht auswertbar                               | 63000  | 114000                       | 14100                       | 190                                |
| 19.03.1997               | nicht auswertbar                     | 4600                                      | 2000                           | nicht auswertbar                               | 25100  | 43200                        | 11800                       | 510                                |
| 19.03.1997               | 110                                  | 5600                                      | 1200                           | nicht auswertbar                               | 22700  | 49600                        | 37000                       | 270                                |
| 09.10.1997               | 0                                    | 4600                                      | 3800                           | nicht auswertbar                               | 39000  | 13100                        | 2610                        | 120                                |
| 19.03.1997               | 110                                  | 540                                       | 1300                           | nicht auswertbar                               | 19800  | 57500                        | 10200                       | 120                                |
| <b>Wahnbach Pegel</b>    |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 09.10.1997               | nicht auswertbar                     | 77000                                     | 5600                           | nicht auswertbar                               | 88000  | 13100                        | 5010                        | 1800                               |
| 10.10.1997               | 110                                  | 10400                                     | 13700                          | nicht auswertbar                               | 120000   | 17300                        | 8010                        | 320                                |
| 10.10.1997               | 110                                  | 13600                                     | 34500                          | nicht auswertbar                               | 340000   | 37400                        | 14700                       | 330                                |
| 10.10.1997               | 110                                  | 14300                                     | 33300                          | nicht auswertbar                               | 482000   | 41200                        | 9720                        | 170                                |
| 11.12.1997               | 0                                    | 6400                                      | 12800                          | nicht auswertbar                               | 60000  | 15800                        | 6500                        | 2500                               |
| 10.10.1997               | 110                                  | 14100                                     | 27000                          | nicht auswertbar                               | 1180000  | 40100                        | 10200                       | 610                                |
| <b>Nauholzbach Pegel</b> |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 09.10.1997               | 10                                   | 620                                       | 650                            | nicht auswertbar                               | 42000  | 10600                        | 849                         | nicht auswertbar                   |
| 12.12.1997               | 0                                    | 110                                       | 100                            | nicht auswertbar                               | 11800  | 1704                         | 426                         | 155                                |
| 12.12.1997               | 0                                    | 70  | 190                            | nicht auswertbar                               | 9400   | 2960                         | 285                         | 120                                |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b> | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|

### **Nauholzbach Pegel (Fortsetzung)**

|            |     |     |                  |                  |       |      |     |                  |
|------------|-----|-----|------------------|------------------|-------|------|-----|------------------|
| 12.12.1997 | 0   | 130 | 100              | nicht auswertbar | 13300 | 3480 | 327 | 110              |
| 09.10.1997 | 110 | 250 | 150              | nicht auswertbar | 12200 | 2970 | 316 | nicht auswertbar |
| 09.10.1997 | 10  | 270 | 240              | nicht auswertbar | 22300 | 6230 | 568 | nicht auswertbar |
| 12.12.1997 | 0   | 220 | nicht auswertbar | 8800             | 10630 | 305  | 82  | nicht auswertbar |

### **S 2 Oberhalb KA Flerzheim**

|            |                  |                        |        |         |                  |        |         |      |
|------------|------------------|------------------------|--------|---------|------------------|--------|---------|------|
| 19.05.2003 | nicht auswertbar | 15400                  | 57300  | 230000  | nicht untersucht | 71400  | 15000   | 2640 |
| 02.11.2002 | 10000            | 2883                   | 4595   | 2300    | nicht untersucht | 178311 | 1476238 | 255  |
| 11.11.2002 | 100000           | 6273                   | 15766  | 43000   | nicht untersucht | 11296  | 16481   | 2273 |
| 16.11.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |         |      |
| 22.12.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |         |      |
| 29.12.2002 | 1000             | 3874                   | 4775   | 9300    | nicht untersucht | 5545   | 6045    | 145  |
| 18.08.2003 | 100000           | 26000                  | 29500  | 240000  | nicht untersucht | 36800  | 64400   | 2100 |
| 08.09.2003 | 100000           | 17000                  | 19700  | 93000   | nicht untersucht | 25300  | 14900   | 500  |
| 23.09.2003 | 100              | 42727                  | 155856 | 4600000 | nicht untersucht | 491449 | 441764  | 5545 |
| 03.02.2003 | 100              | 5000                   | 64500  | 23000   | nicht untersucht | 113200 | 11400   | 2000 |

### **S 3 Unterhalb KA Flerzheim**

|            |                  |                        |        |         |                  |        |        |      |
|------------|------------------|------------------------|--------|---------|------------------|--------|--------|------|
| 16.11.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |        |      |
| 22.12.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |        |      |
| 29.12.2002 | 1000             | 12072                  | 390909 | 930000  | nicht untersucht | 491539 | 534293 | 5946 |
| 25.02.2003 | 1100             | 2432                   | 5810   | 3900000 | nicht untersucht | 1188   | 1054   | 41   |
| 19.05.2003 | nicht auswertbar | 25800                  | 95500  | 4300000 | nicht untersucht | 144000 | 83600  | 4500 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b>                 | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>S10 Oberhalb KA Loch</b>  |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 19.08.2002                   | 1000000                              | 64000                                     | 186000                         | 2300000  | nicht untersucht                               | 50440                        | 22470                       | 6396                               |
| 08.06.2003                   | 10000                                | 21818                                     | 24054                          | 93000  | nicht untersucht                               | 4937                         | 16777                       | 2162                               |
| 30.04.2003                   | 100                                  | 11636                                     | 4000                           | 93000  | nicht untersucht                               | 57568                        | 17802                       | 909                                |
| 06.03.2003                   | 100                                  | 11712                                     | 70909                          | 43000000                                       | nicht untersucht                               | 21728                        | 10342                       | 1091                               |
| 29.08.2002                   | 100000                               | 22727                                     | 50000                          | 150000   | nicht untersucht                               | 215555                       | 5333                        | 3818                               |
| 01.08.2002                   | 11000000                             | 53153                                     | 390909                         | 15000000                                       | nicht untersucht                               | 850000                       | 750000                      | 3000                               |
| 10.07.2002                   | 10000                                | 1900                                      | 19000                          | 230000   | nicht untersucht                               | 18090                        | 44150                       | 3600                               |
| 20.06.2002                   | 10000                                | 30000                                     | 140000                         | 930000   | nicht untersucht                               | 11190                        | 11190                       | 11000                              |
| 06.06.2002                   | nicht auswertbar                     | 2000                                      | 77000                          | 230000   | nicht untersucht                               | 16193                        | 5450                        | 500                                |
| 05.06.2002                   | 1000                                 | 21000                                     | 47000                          | 1100000  | nicht untersucht                               | 130000                       | 47000                       | 300                                |
| 16.11.2002                   | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| <b>S11 Unterhalb KA Loch</b> |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 06.06.2002                   | 1100                                 | 4500                                      | 33000                          | 930000   | nicht untersucht                               | 21422                        | 5613                        | 3600                               |
| 30.04.2003                   | 1000                                 | 13514                                     | 37273                          | 430000   | nicht untersucht                               | 98515                        | 25338                       | 1727                               |
| 06.03.2003                   | 100                                  | 50000                                     | 139640                         | 93000000                                       | nicht untersucht                               | 17633                        | 13170                       | 2162                               |
| 16.11.2002                   | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 29.08.2002                   | 10000                                | 154545                                    | 290909                         | 430000   | nicht untersucht                               | 79111                        | 92674                       | 3514                               |
| 19.08.2002                   | 100000                               | 46000                                     | 680000                         | 46000000                                       | nicht untersucht                               | 146970                       | 99460                       | 14200                              |
| 01.08.2002                   | 11000000                             | 460000                                    | 730000                         | 2300000  | nicht untersucht                               | 940000                       | 850000                      | 41000                              |
| 20.06.2002                   | 1100000                              | 61000                                     | 1300000                        | 11000000                                       | nicht untersucht                               | 109700                       | 569000                      | 14545                              |
| 08.06.2003                   | nicht auswertbar                     | 245455                                    | 527272                         | 210000   | nicht untersucht                               | 14260                        | 319369                      | 35455                              |
| 05.06.2002                   | 10000                                | 110000                                    | 280000                         | 1100000  | nicht untersucht                               | 602000                       | 180000                      | 8000                               |
| 10.07.2002                   | nicht auswertbar                     | 8650                                      | 460000                         | 2300000  | nicht untersucht                               | 10510                        | 109700                      | 2500                               |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b>                        | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Loch Ablauf Stauraumkanal</b> |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 19.08.2002                          | 1000000                              | 55000                                     | 1480000                        | 1100000  | nicht untersucht                               | 223580                       | 102720                      | 10400                              |
| 02.02.2004                          | 110000                               | 106303                                    | 327027                         | 2400000  | nicht untersucht                               | 430000                       | 490000                      | 68000                              |
| 01.08.2002                          | 11000000                             | 420000                                    | 480000                         | 15000000                                       | nicht untersucht                               | 490000                       | 830000                      | 42000                              |
| 20.06.2002                          | 10000                                | 590000                                    | 1600000                        | 11000000                                       | nicht untersucht                               | 3203000                      | 1635000                     | 25000                              |
| 06.06.2002                          | 10000                                | 40000                                     | 27000                          | 4600000  | nicht untersucht                               | 58819                        | 685059                      | 11982                              |
| 05.06.2002                          | 10000                                | 670000                                    | 800000                         | 1100000  | nicht untersucht                               | 340000                       | 170000                      | 1000                               |
| 16.11.2002                          | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 10.07.2002                          | 100000                               | 594                                       | 600000                         | 9300000  | nicht untersucht                               | 10660                        | 213200                      | 5000                               |
| 06.03.2003                          | 100                                  | 381818                                    | 927272                         | 2300000  | nicht untersucht                               | 23762                        | 56616                       | 4545                               |
| 29.08.2002                          | 100000                               | 36000                                     | 280000                         | 2400000  | nicht untersucht                               | 173470                       | 115820                      | 4400                               |
| 08.06.2003                          | 1000000                              | 272727                                    | 854545                         | 1100000  | nicht untersucht                               | 97993                        | 223333                      | 21818                              |
| 30.04.2003                          | 10000                                | 63964                                     | 236364                         | 430000   | nicht untersucht                               | 273243                       | 185059                      | 9091                               |
| <b>RÜB I KA Flerzheim</b>           |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 23.09.2003                          | 100000                               | 84685                                     | 2682268                        | 4300000  | nicht untersucht                               | 1154955                      | 3447748                     | 37273                              |
| 22.12.2002                          | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 08.09.2003                          | 100000                               | 1040000                                   | 2100000                        | 46000000                                       | nicht untersucht                               | 1100000                      | 740000                      | 10000                              |
| 18.08.2003                          | 1000000                              | 1380000                                   | 7500000                        | 4600000  | nicht untersucht                               | 64000                        | 86000                       | 68000                              |
| 03.02.2003                          | 1000000                              | 290000                                    | 1350000                        | 2300000  | nicht untersucht                               | 510000                       | 230000                      | 32700                              |
| 29.12.2002                          | 100000                               | 810811                                    | 1666667                        | 75000  | nicht untersucht                               | 9329730                      | 10754000                    | 42342                              |
| 02.11.2002                          | 10000                                | 34545                                     | 31982                          | 460000   | nicht untersucht                               | 2179279                      | 450495                      | 47747                              |
| 11.11.2002                          | 100000                               | 150000                                    | 540541                         | 4300000  | nicht untersucht                               | 267777                       | 161206                      | 35135                              |
| 16.11.2002                          | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b> | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|

### **RÜB II KA Flerzheim**

|            |        |        |          |                        |                  |         |         |       |
|------------|--------|--------|----------|------------------------|------------------|---------|---------|-------|
| 22.12.2002 |        |        |          | Probe nicht auswertbar |                  |         |         |       |
| 19.05.2003 | 310000 | 620000 | 46000000 | nicht untersucht       | 1200000          | 920000  | 13000   |       |
| 29.12.2002 | 10000  | 636364 | 1162162  | 43000                  | nicht untersucht | 4430631 | 3508108 | 39000 |
| 16.11.2002 |        |        |          | Probe nicht auswertbar |                  |         |         |       |
| 11.11.2002 | 100000 | 90909  | 172727   | 1500000                | nicht untersucht | 209001  | 54365   | 27000 |
| 02.11.2002 | 10000  | 115315 | 118919   | 43000                  | nicht untersucht | 2128829 | 983708  | 53636 |

### **Kall Pegel**

|            |                  |      |      |                  |       |        |       |     |
|------------|------------------|------|------|------------------|-------|--------|-------|-----|
| 12.02.1997 | 11               | 380  | 360  | nicht auswertbar | 1     | 71000  | 225   | 310 |
| 12.02.1997 | nicht auswertbar | 570  | 600  | nicht auswertbar | 1     | 54800  | 3100  | 73  |
| 12.02.1997 | 11               | 440  | 200  | nicht auswertbar | 1     | 50500  | 2350  | 496 |
| 12.02.1997 | 11               | 130  | 290  | nicht auswertbar | 1     | 64000  | 2400  | 240 |
| 19.03.1997 | 10               | 5500 | 1600 | nicht auswertbar | 46000 | 12200  | 5550  | 250 |
| 19.03.1997 | 1                | 4800 | 1900 | nicht auswertbar | 63000 | 114000 | 14100 | 190 |
| 19.03.1997 | nicht auswertbar | 4600 | 2000 | nicht auswertbar | 25100 | 43200  | 11800 | 510 |
| 19.03.1997 | 110              | 5600 | 1200 | nicht auswertbar | 22700 | 49600  | 37000 | 270 |
| 09.10.1997 | 0                | 4600 | 3800 | nicht auswertbar | 39000 | 13100  | 2610  | 120 |
| 19.03.1997 | 110              | 540  | 1300 | nicht auswertbar | 19800 | 57500  | 10200 | 120 |



## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b>             | <b>Campylobacter</b><br>(KBE/100mL) | <b>Fäkalstreptokokken</b><br>(KBE/100mL) | <b>E. coli</b><br>(KBE/100mL) | <b>Coliforme</b><br><b>Bakterien</b><br>(MPN/100mL) | <b>Coliforme</b><br><b>Bakterien</b><br>(KBE/100mL) | <b>KBE 20°C</b><br>(KBE/mL) | <b>KBE 36°</b><br>(KBE/mL) | <b>Clostridien</b><br>(KBE/100mL) |
|--------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------|---|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>Wahnbach Pegel</b>    |                                     |  |                               |   |   |                             |                            |                                   |
| 09.10.1997               | nicht auswertbar                    | 77000                                    | 5600                          | nicht auswertbar                                    | 88000   | 13100                       | 5010                       | 1800                              |
| 10.10.1997               | 110                                 | 10400                                    | 13700                         | nicht auswertbar                                    | 120000  | 17300                       | 8010                       | 320                               |
| 10.10.1997               | 110                                 | 13600                                    | 34500                         | nicht auswertbar                                    | 340000  | 37400                       | 14700                      | 330                               |
| 10.10.1997               | 110                                 | 14300                                    | 33300                         | nicht auswertbar                                    | 482000  | 41200                       | 9720                       | 170                               |
| 11.12.1997               | 0                                   | 6400                                     | 12800                         | nicht auswertbar                                    | 60000   | 15800                       | 6500                       | 2500                              |
| 10.10.1997               | 110                                 | 14100                                    | 27000                         | nicht auswertbar                                    | 1180000   | 40100                       | 10200                      | 610                               |
| <b>Nauholzbach Pegel</b> |                                     |  |                               |   |   |                             |                            |                                   |
| 09.10.1997               | 10                                  | 620                                      | 650                           | nicht auswertbar                                    | 42000   | 10600                       | 849                        | nicht auswertbar                  |
| 12.12.1997               | 0                                   | 110                                      | 100                           | nicht auswertbar                                    | 11800   | 1704                        | 426                        | 155                               |
| 12.12.1997               | 0                                   | 70                                       | 190                           | nicht auswertbar                                    | 9400  | 2960                        | 285                        | 120                               |
| 12.12.1997               | 0                                   | 130                                      | 100                           | nicht auswertbar                                    | 13300   | 3480                        | 327                        | 110                               |
| 09.10.1997               | 110                                 | 250                                      | 150                           | nicht auswertbar                                    | 12200   | 2970                        | 316                        | nicht auswertbar                  |
| 09.10.1997               | 10                                  | 270                                      | 240                           | nicht auswertbar                                    | 22300   | 6230                        | 568                        | nicht auswertbar                  |
| 12.12.1997               | 0                                   | 220                                      | nicht auswertbar              | 8800  | 10630   | 305                         | 82                         | nicht auswertbar                  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b> | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|

### **S 2 Oberhalb KA Flerzheim**

|            |                  |                        |        |         |                  |        |         |      |
|------------|------------------|------------------------|--------|---------|------------------|--------|---------|------|
| 19.05.2003 | nicht auswertbar | 15400                  | 57300  | 230000  | nicht untersucht | 71400  | 15000   | 2640 |
| 02.11.2002 | 10000            | 2883                   | 4595   | 2300    | nicht untersucht | 178311 | 1476238 | 255  |
| 11.11.2002 | 100000           | 6273                   | 15766  | 43000   | nicht untersucht | 11296  | 16481   | 2273 |
| 16.11.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |         |      |
| 22.12.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |         |      |
| 29.12.2002 | 1000             | 3874                   | 4775   | 9300    | nicht untersucht | 5545   | 6045    | 145  |
| 18.08.2003 | 100000           | 26000                  | 29500  | 240000  | nicht untersucht | 36800  | 64400   | 2100 |
| 08.09.2003 | 100000           | 17000                  | 19700  | 93000   | nicht untersucht | 25300  | 14900   | 500  |
| 23.09.2003 | 100              | 42727                  | 155856 | 4600000 | nicht untersucht | 491449 | 441764  | 5545 |
| 03.02.2003 | 100              | 5000                   | 64500  | 23000   | nicht untersucht | 113200 | 11400   | 2000 |

### **S 3 Unterhalb KA Flerzheim**

|            |                  |                        |        |         |                  |        |        |      |
|------------|------------------|------------------------|--------|---------|------------------|--------|--------|------|
| 16.11.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |        |      |
| 22.12.2002 |                  | Probe nicht auswertbar |        |         |                  |        |        |      |
| 29.12.2002 | 1000             | 12072                  | 390909 | 930000  | nicht untersucht | 491539 | 534293 | 5946 |
| 25.02.2003 | 1100             | 2432                   | 5810   | 3900000 | nicht untersucht | 1188   | 1054   | 41   |
| 19.05.2003 | nicht auswertbar | 25800                  | 95500  | 4300000 | nicht untersucht | 144000 | 83600  | 4500 |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b> | <b>Campylobacter</b><br>(KBE/100mL) | <b>Fäkalstreptokokken</b><br>(KBE/100mL) | <b>E. coli</b><br>(KBE/100mL) | <b>Coliforme</b><br><b>Bakterien</b><br>(MPN/100mL) | <b>Coliforme</b><br><b>Bakterien</b><br>(KBE/100mL) | <b>KBE 20°C</b><br>(KBE/mL) | <b>KBE 36°</b><br>(KBE/mL) | <b>Clostridien</b><br>(KBE/100mL) |
|--------------|-------------------------------------|--|-------------------------------|---|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|--------------|-------------------------------------|--|-------------------------------|---|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|

### **S10 Oberhalb KA Loch**

|            |                        |       |        |          |                  |        |        |       |
|------------|------------------------|-------|--------|----------|------------------|--------|--------|-------|
| 19.08.2002 | 1000000                | 64000 | 186000 | 2300000  | nicht untersucht | 50440  | 22470  | 6396  |
| 08.06.2003 | 10000                  | 21818 | 24054  | 93000    | nicht untersucht | 4937   | 16777  | 2162  |
| 30.04.2003 | 100                    | 11636 | 4000   | 93000    | nicht untersucht | 57568  | 17802  | 909   |
| 06.03.2003 | 100                    | 11712 | 70909  | 43000000 | nicht untersucht | 21728  | 10342  | 1091  |
| 29.08.2002 | 100000                 | 22727 | 50000  | 150000   | nicht untersucht | 215555 | 5333   | 3818  |
| 01.08.2002 | 11000000               | 53153 | 390909 | 15000000 | nicht untersucht | 850000 | 750000 | 3000  |
| 10.07.2002 | 10000                  | 1900  | 19000  | 230000   | nicht untersucht | 18090  | 44150  | 3600  |
| 20.06.2002 | 10000                  | 30000 | 140000 | 930000   | nicht untersucht | 11190  | 11190  | 11000 |
| 06.06.2002 | nicht auswertbar       | 2000  | 77000  | 230000   | nicht untersucht | 16193  | 5450   | 500   |
| 05.06.2002 | 1000                   | 21000 | 47000  | 1100000  | nicht untersucht | 130000 | 47000  | 300   |
| 16.11.2002 | Probe nicht auswertbar |       |        |          |                  |        |        |       |

### **S11 Unterhalb KA Loch**

|            |                        |        |         |          |                  |        |        |       |
|------------|------------------------|--------|---------|----------|------------------|--------|--------|-------|
| 06.06.2002 | 1100                   | 4500   | 33000   | 930000   | nicht untersucht | 21422  | 5613   | 3600  |
| 30.04.2003 | 1000                   | 13514  | 37273   | 430000   | nicht untersucht | 98515  | 25338  | 1727  |
| 06.03.2003 | 100                    | 50000  | 139640  | 93000000 | nicht untersucht | 17633  | 13170  | 2162  |
| 16.11.2002 | Probe nicht auswertbar |        |         |          |                  |        |        |       |
| 29.08.2002 | 10000                  | 154545 | 290909  | 430000   | nicht untersucht | 79111  | 92674  | 3514  |
| 19.08.2002 | 100000                 | 46000  | 680000  | 46000000 | nicht untersucht | 146970 | 99460  | 14200 |
| 01.08.2002 | 11000000               | 460000 | 730000  | 2300000  | nicht untersucht | 940000 | 850000 | 41000 |
| 20.06.2002 | 1100000                | 61000  | 1300000 | 11000000 | nicht untersucht | 109700 | 569000 | 14545 |
| 08.06.2003 | nicht auswertbar       | 245455 | 527272  | 210000   | nicht untersucht | 14260  | 319369 | 35455 |
| 05.06.2002 | 10000                  | 110000 | 280000  | 1100000  | nicht untersucht | 602000 | 180000 | 8000  |
| 10.07.2002 | nicht auswertbar       | 8650   | 460000  | 2300000  | nicht untersucht | 10510  | 109700 | 2500  |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b>                        | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>KA Loch Ablauf Stauraumkanal</b> |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 19.08.2002                          | 1000000                              | 55000                                     | 1480000                        | 1100000  | nicht untersucht                               | 223580                       | 102720                      | 10400                              |
| 02.02.2004                          | 110000                               | 106303                                    | 327027                         | 2400000  | nicht untersucht                               | 430000                       | 490000                      | 68000                              |
| 01.08.2002                          | 11000000                             | 420000                                    | 480000                         | 15000000                                       | nicht untersucht                               | 490000                       | 830000                      | 42000                              |
| 20.06.2002                          | 10000                                | 590000                                    | 1600000                        | 11000000                                       | nicht untersucht                               | 3203000                      | 1635000                     | 25000                              |
| 06.06.2002                          | 10000                                | 40000                                     | 27000                          | 4600000  | nicht untersucht                               | 58819                        | 685059                      | 11982                              |
| 05.06.2002                          | 10000                                | 670000                                    | 800000                         | 1100000  | nicht untersucht                               | 340000                       | 170000                      | 1000                               |
| 16.11.2002                          | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 10.07.2002                          | 100000                               | 594                                       | 600000                         | 9300000  | nicht untersucht                               | 10660                        | 213200                      | 5000                               |
| 06.03.2003                          | 100                                  | 381818                                    | 927272                         | 2300000  | nicht untersucht                               | 23762                        | 56616                       | 4545                               |
| 29.08.2002                          | 100000                               | 36000                                     | 280000                         | 2400000  | nicht untersucht                               | 173470                       | 115820                      | 4400                               |
| 08.06.2003                          | 1000000                              | 272727                                    | 854545                         | 1100000  | nicht untersucht                               | 97993                        | 223333                      | 21818                              |
| 30.04.2003                          | 10000                                | 63964                                     | 236364                         | 430000   | nicht untersucht                               | 273243                       | 185059                      | 9091                               |
| <b>RÜB I KA Flerzheim</b>           |                                      |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 23.09.2003                          | 100000                               | 84685                                     | 2682268                        | 4300000  | nicht untersucht                               | 1154955                      | 3447748                     | 37273                              |
| 22.12.2002                          | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |
| 08.09.2003                          | 100000                               | 1040000                                   | 2100000                        | 46000000                                       | nicht untersucht                               | 1100000                      | 740000                      | 10000                              |
| 18.08.2003                          | 1000000                              | 1380000                                   | 7500000                        | 4600000  | nicht untersucht                               | 64000                        | 86000                       | 68000                              |
| 03.02.2003                          | 1000000                              | 290000                                    | 1350000                        | 2300000  | nicht untersucht                               | 510000                       | 230000                      | 32700                              |
| 29.12.2002                          | 100000                               | 810811                                    | 1666667                        | 75000  | nicht untersucht                               | 9329730                      | 10754000                    | 42342                              |
| 02.11.2002                          | 10000                                | 34545                                     | 31982                          | 460000   | nicht untersucht                               | 2179279                      | 450495                      | 47747                              |
| 11.11.2002                          | 100000                               | 150000                                    | 540541                         | 4300000  | nicht untersucht                               | 267777                       | 161206                      | 35135                              |
| 16.11.2002                          | Probe nicht auswertbar               |   |                                |  |  |                              |                             |                                    |

## **Einzugsgebiete und Kläranlagen - Mikrobiologie - Ereignis**

| <b>Datum</b> | <b>Campylobacter<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Fäkalstreptokokken<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>E. coli<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(MPN/100mL)</b> | <b>Coliforme<br/>Bakterien<br/>(KBE/100mL)</b> | <b>KBE 20°C<br/>(KBE/mL)</b> | <b>KBE 36°<br/>(KBE/mL)</b> | <b>Clostridien<br/>(KBE/100mL)</b> |
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|--------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|

### **RÜB II KA Flerzheim**

|            |        |        |          |                        |                  |         |         |       |
|------------|--------|--------|----------|------------------------|------------------|---------|---------|-------|
| 22.12.2002 |        |        |          | Probe nicht auswertbar |                  |         |         |       |
| 19.05.2003 | 310000 | 620000 | 46000000 | nicht untersucht       | 1200000          | 920000  | 13000   |       |
| 29.12.2002 | 10000  | 636364 | 1162162  | 43000                  | nicht untersucht | 4430631 | 3508108 | 39000 |
| 16.11.2002 |        |        |          | Probe nicht auswertbar |                  |         |         |       |
| 11.11.2002 | 100000 | 90909  | 172727   | 1500000                | nicht untersucht | 209001  | 54365   | 27000 |
| 02.11.2002 | 10000  | 115315 | 118919   | 43000                  | nicht untersucht | 2128829 | 983708  | 53636 |

---

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie I- Ereignis**

| <b>Datum</b>             | <b>Elektr. Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Lufttemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Wassertemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|--------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|---|---|
| <b>Kall Pegel</b>        |  |                          |                                   |                |   |   |
| 12.02.1997               | 162  | 60                       | nicht bestimmt                    | 7              | 7   | 4,7   |
| 12.02.1997               | 163,6  | 86,6                     | nicht bestimmt                    | 7              | 8,8   | 4,8   |
| 12.02.1997               | 166  | 31                       | nicht bestimmt                    | 7              | 8   | 5,3   |
| 12.02.1997               | 168  | 27                       | nicht bestimmt                    | 7              | 8   | 5,0   |
| 19.03.1997               | 123,9  | 43,2                     | nicht bestimmt                    | 7              | 4,5   | 5,9   |
| 19.03.1997               | 212,6  | 35,5                     | nicht bestimmt                    | 7              | 5,3   | 6,1   |
| 19.03.1997               | 119,3  | 58,2                     | nicht bestimmt                    | 7              | 4,3   | 6,0   |
| 19.03.1997               | 118  | 48,4                     | nicht bestimmt                    | 7              | 5   | 5,8   |
| 09.10.1997               | 118  | 10,4                     | nicht bestimmt                    | 8              | 15  | 13,4  |
| 19.03.1997               | 110  | 27,7                     | nicht bestimmt                    | 7              | 7   | 5,7   |
| <b>Wahnbach Pegel</b>    |  |                          |                                   |                |   |   |
| 09.10.1997               | 0  | 0                        | nicht bestimmt                    | fehlt          | 17,1  | 13,8  |
| 10.10.1997               | 0  | 58,2                     | nicht bestimmt                    | 7              | 14,8  | 14  |
| 10.10.1997               | 0  | 50,3                     | nicht bestimmt                    | 8              | 14,8  | 14  |
| 10.10.1997               | 0  | 49,8                     | nicht bestimmt                    | 7              | 14,8  | 14  |
| 11.12.1997               | 0  | 35,6                     | nicht bestimmt                    | 7              | 9,5   | 9,5   |
| 10.10.1997               | 0  | 40,2                     | nicht bestimmt                    | 7              | 15,8  | 14  |
| <b>Nauholzbach Pegel</b> |  |                          |                                   |                |   |   |
| 09.10.1997               | 0  | 38,1                     | nicht bestimmt                    | 7              | 13,8  | 11,3  |
| 12.12.1997               | 8  | 97,4                     | nicht bestimmt                    | 7              | 4   | 6,4   |
| 12.12.1997               | 8,2  | 87,8                     | nicht bestimmt                    | 7              | 4,4   | 6,4   |
| 12.12.1997               | 8  | 71,6                     | nicht bestimmt                    | 7              | 5   | 5,4   |
| 09.10.1997               | 0  | 2,2                      | nicht bestimmt                    | 7              | 17  | 14,2  |
| 09.10.1997               | 0  | 7,5                      | nicht bestimmt                    | 7              | 15,4  | 12,3  |
| 12.12.1997               | 8,1  | 70,4                     | nicht bestimmt                    | 7              | 5,2   | 6,2   |

---

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie I- Ereignis**

| <b>Datum</b>                      | <b>Elektr. Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Lufttemperatur<br/>(°C)</b> | <b>Wassertemperatur<br/>(°C)</b> |
|-----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|
| <b>S 2 Oberhalb KA Flerzheim</b>  |  |                          |                                   |                |                                |                                  |
| 19.05.2003                        | 351  | 69,1                     | 67                                | 7              | fehlt                          | fehlt                            |
| 02.11.2002                        | 509  | 72                       | 36                                | 8              | 13,5                           | 13,2                             |
| 11.11.2002                        | 454  | 98,9                     | 34,7                              | 8              | 13,3                           | 11,4                             |
| 16.11.2002                        | 410  | fehlt                    | 48                                | 8              | fehlt                          | 11                               |
| 22.12.2002                        | 550  | fehlt                    | 68,4                              | 7              | fehlt                          | 9,2                              |
| 29.12.2002                        | 409  | 140                      | 64                                | 8              | 12,8                           | 10,4                             |
| 18.08.2003                        | 287  | fehlt                    | 52                                | 7              | fehlt                          | fehlt                            |
| 08.09.2003                        | 725  | 0,11                     | 50                                | 8              | 21,3                           | 17,8                             |
| 23.09.2003                        | fehlt  | fehlt                    | 62                                | fehlt          | fehlt                          | fehlt                            |
| 03.02.2003                        | 623  | 207,3                    | 92                                | 8              | 1                              | 5                                |
| <b>S 3 Unterhalb KA Flerzheim</b> |  |                          |                                   |                |                                |                                  |
| 16.11.2002                        | 418  | fehlt                    | 15,1                              | 8              | fehlt                          | 9,6                              |
| 22.12.2002                        | 540  | fehlt                    | 168,8                             | 7              | fehlt                          | 8,7                              |
| 29.12.2002                        | 374  | 180                      | 147,2                             | 8              | 12,8                           | 10,9                             |
| 25.02.2003                        | 849  | 9,1                      | 10                                | 8              | 12,1                           | 5,4                              |
| 19.05.2003                        | 395  | 93                       | 138                               | 6              | fehlt                          | fehlt                            |

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie I- Ereignis**

| <b>Datum</b>                 | <b>Elektr. Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Lufttemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Wassertemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|---|---|
| <b>S10 Oberhalb KA Loch</b>  |  |                          |                                   |                |   |   |
| 19.08.2002                   | 236  | 141,4                    | 576                               | 7              | 21,6  | fehlt   |
| 08.06.2003                   | 414  | fehlt                    | 526                               | 6              | 17,9  | fehlt   |
| 30.04.2003                   | 396  | 195                      | 203                               | 7              | 15,4  | 13,3  |
| 06.03.2003                   | 385  | 93                       | 70                                | 7              | 8,8   | 6,4   |
| 29.08.2002                   | 298  | 330                      | 930                               | 7              | 22,5  | 18,3  |
| 01.08.2002                   | 217  | 754                      | fehlt                             | 7              | 20  | 17,9  |
| 10.07.2002                   | 265  | 172,9                    | 276                               | 7              | 13,4  | 14,2  |
| 20.06.2002                   | 350  | 530                      | fehlt                             | 6              | 20  | 18,8  |
| 06.06.2002                   | 249  | 4,8                      | 17                                | 7              | 20,2  | 17  |
| 05.06.2002                   | 258  | 1,4                      | 73                                | 7              | 20  | 17,1  |
| 16.11.2002                   | 305  | 220,2                    | fehlt                             | 8              | 8,6   |   |
| <b>S11 Unterhalb KA Loch</b> |  |                          |                                   |                |   |   |
| 06.06.2002                   | 202  | 1,8                      | 30                                | 7              | 20,2  | 17  |
| 30.04.2003                   | 322  | 375                      | 250                               | 7              | 15,4  | 13,3  |
| 06.03.2003                   | 315  | 161,8                    | 153                               | 7              | 8,8   | 6,4   |
| 16.11.2002                   | 281  | 167,4                    | fehlt                             | 8              | 8,6   | fehlt   |
| 29.08.2002                   | 206  | 180                      | 269                               | 7              | 22,5  | 18,9  |
| 19.08.2002                   | 189  | 141,2                    | 510                               | 7              | 21,2  | fehlt   |
| 01.08.2002                   | fehlt  | 155                      | 694                               | 7              | 20  | 17,8  |
| 20.06.2002                   | fehlt  | 254                      | 520                               | 6              | 20  | 19  |
| 08.06.2003                   | fehlt  | 498                      | 4661                              | 7              | 19,3  | fehlt   |
| 05.06.2002                   | 234  | 1,7                      | 106                               | 7              | 20  | 16,7  |
| 10.07.2002                   | 224  | 131,2                    | 172                               | 7              | 13,4  | 14,3  |



---

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie I- Ereignis**

| <b>Datum</b>                        | <b>Elektr. Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b> | <b>Trübung<br/>(FNU)</b> | <b>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</b> | <b>pH-Wert</b> | <b>Lufttemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>Wassertemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-------------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|---|---|
| <b>KA Loch Ablauf Stauraumkanal</b> |  |                          |                                   |                |   |   |
| 05.06.2002                          | 127  | 7,7                      | 86                                | 7              | 20  | 17,2  |
| 06.06.2002                          | 171  | 3,6                      | 170                               | 7              | 20,2  | 16,6  |
| 20.06.2002                          | 135  | fehlt                    | 362                               | 7              | 20  | 18,3  |
| 10.07.2002                          | 139  | 70,4                     | 42                                | 7              | 13,4  | 14,3  |
| 01.08.2002                          | 92   | fehlt                    | 443                               | 7              | 20  | 17,8  |
| 19.08.2002                          | 135  | 94,7                     | 147                               | 7              | fehlt   | 19,8  |
| 29.08.2002                          | 126  | 262                      | 16                                | 7              | 22,5  | 19,6  |
| 16.11.2002                          | 176  | fehlt                    | 33                                | 7              | fehlt   | 8,2   |
| 06.03.2003                          | 177  | 102                      | 44                                | 7              | 8,8   | 7,6   |
| 30.04.2003                          | 114  | 72                       | 40                                | 7              | 15,4  | 13,2  |
| 08.06.2003                          | 140  | fehlt                    | 236                               | 6              | fehlt   | 18,8  |
| 02.02.2004                          | 203  | fehlt                    | 378                               | fehlt          | fehlt   | fehlt   |
| <b>RÜB I KA Flerzheim</b>           |  |                          |                                   |                |   |   |
| 23.09.2003                          | fehlt  | 112                      | fehlt                             | fehlt          | fehlt   | fehlt   |
| 22.12.2002                          | 380  | fehlt                    | 65,2                              | 7              | fehlt   | 9,2   |
| 08.09.2003                          | 160  | 0,2                      | 120                               | 7              | 21,3  | 16,9  |
| 18.08.2003                          | 309  | fehlt                    | 217                               | 7              | fehlt   | fehlt   |
| 03.02.2003                          | 806  | 105,9                    | 66                                | 8              | 1   | 1,7   |
| 29.12.2002                          | 299  | 73                       | 35,2                              | 7              | 12,8  | 11,8  |
| 02.11.2002                          | 256  | 45                       | 72                                | 7              | 13,5  | 13,9  |
| 11.11.2002                          | 285  | 56,6                     | 20                                | 7              | 13,3  | 11,3  |
| 16.11.2002                          | 259  | fehlt                    | 38,4                              | 7              | fehlt   | 12,5  |

**Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie I- Ereignis**

| <i>Datum</i>               | <i>Elektr. Leitfähigkeit<br/>(<math>\mu\text{S/cm}</math>)</i> | <i>Trübung<br/>(FNU)</i> | <i>Abfiltr. Stoffe<br/>(mg/L)</i> | <i>pH-Wert</i> | <i>Lufttemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</i> | <i>Wassertemperatur<br/>(<math>^{\circ}\text{C}</math>)</i> |
|----------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------|---|---|
| <b>RÜB II KA Flerzheim</b> |  |                          |                                   |                |   |   |
| 22.12.2002                 | 260  | fehlt                    | 72,8                              | 7              | fehlt   | 8,7   |
| 19.05.2003                 | 261  | 96,3                     | 120                               | 7              | fehlt   | fehlt   |
| 29.12.2002                 | 183  | 180                      | 212,8                             | 8              | 12,8  | 11,8  |
| 16.11.2002                 | 184  | fehlt                    | 44,5                              | 7              | fehlt   | 11,8  |
| 11.11.2002                 | 239  | 40,2                     | 41,6                              | 7              | 13,3  | 11,4  |
| 02.11.2002                 | 179  | 61                       | 68                                | 7              | 13,5  | 13,5  |
| 03.02.2003                 | 805  | 79,3                     | 38                                | 8              | 1   | 5,7   |

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie II - Ereignis**

| <b>Datum</b>             | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>GesamtN<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisch<br/>N (mg/L)</b> | <b>PO4P<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Kall Pegel</b>        |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 12.02.1997               | 0,43                   | 0,08                     | 14,5                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,3                    | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.02.1997               | 0,46                   | 0,1                      | 14,6                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                      | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.02.1997               | 0,41                   | 0,07                     | 14,7                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,1                    | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.02.1997               | 0,39                   | 0,06                     | 14,4                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,1                    | 0                          | nicht bestimmt               |
| 19.03.1997               | 0,1                    | 0,07                     | 8                        | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,05                   | 0                          | nicht bestimmt               |
| 19.03.1997               | 0,1                    | 0,07                     | 7,7                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,04                   | 0                          | nicht bestimmt               |
| 19.03.1997               | 0,1                    | 0,07                     | 7,8                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                      | 0                          | nicht bestimmt               |
| 19.03.1997               | 0,1                    | 0,06                     | 7,6                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,1                    | 0                          | nicht bestimmt               |
| 09.10.1997               | 0                      | 0                        | 3,6                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                      | 0                          | nicht bestimmt               |
| 19.03.1997               | 0,1                    | 0,05                     | 8,1                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                      | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>Wahnbach Pegel</b>    |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 09.10.1997               | 100                    | 100                      | 0                        | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 100                    | 100                        | nicht bestimmt               |
| 10.10.1997               | 0,1                    | 0,08                     | 8,9                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,5                    | 0,5                        | nicht bestimmt               |
| 10.10.1997               | 0,16                   | 0,1                      | 8,5                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,2                    | 0,4                        | nicht bestimmt               |
| 10.10.1997               | 0,21                   | 0,11                     | 8,5                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,1                    | 0,5                        | nicht bestimmt               |
| 11.12.1997               | 0                      | 0,14                     | 20,1                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,04                   | 0,17                       | nicht bestimmt               |
| 10.10.1997               | 0,19                   | 0,11                     | 7,9                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,2                    | 0,5                        | nicht bestimmt               |
| <b>Nauholzbach Pegel</b> |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 09.10.1997               | 0                      | 0                        | 8,8                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,07                   | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.12.1997               | 0                      | 0                        | 12,9                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                      | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.12.1997               | 100                    | 100                      | 0                        | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 100                    | 100                        | nicht bestimmt               |

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie II- Ereignis**

| <b>Datum</b>                           | <b>NH<sub>4</sub>N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>GesamtN<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisch<br/>N (mg/L)</b> | <b>PO<sub>4</sub>P<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|--|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>Nauholzbach Pegel (Fortsetzung)</b> |                                   |                          |                          |                           |                               |                                   |                            |                              |
| 12.12.1997                             | 0                                 | 0                        | 12,9                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                                 | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.12.1997                             | 100                               | 100                      | 0                        | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 100                               | 100                        | nicht bestimmt               |
| 12.12.1997                             | 0                                 | 0                        | 13,6                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                                 | 0                          | nicht bestimmt               |
| 09.10.1997                             | 0                                 | 0                        | 8,8                      | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,04                              | 0                          | nicht bestimmt               |
| 09.10.1997                             | 0                                 | 0                        | 10,6                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0,4                               | 0                          | nicht bestimmt               |
| 12.12.1997                             | 0                                 | 0                        | 13,9                     | nicht bestimmt            | nicht bestimmt                | 0                                 | 0                          | nicht bestimmt               |
| <b>S 2 Oberhalb KA Flerzheim</b>       |                                   |                          |                          |                           |                               |                                   |                            |                              |
| 19.05.2003                             | 0,26                              | 0,07                     | 1,6                      | 2,5                       | 1                             | 0,29                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 02.11.2002                             | 0,05                              | 0,006                    | 2,1                      | 11                        | 1,2                           | 0,38                              | nicht bestimmt             | 9,8                          |
| 11.11.2002                             | 0,12                              | 0,006                    | 4,5                      | 6,2                       | 1,5                           | 0,33                              | nicht bestimmt             | 13,9                         |
| 16.11.2002                             | 0,08                              | 0,05                     | 3,8                      | 5                         | 1                             | 0,26                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 22.12.2002                             | 0,15                              | 0,02                     | 2,5                      | 3,4                       | 1                             | 0,24                              | nicht bestimmt             | 8,6                          |
| 29.12.2002                             | 0,09                              | 0,026                    | 2,6                      | 3,4                       | 1                             | 0,51                              | nicht bestimmt             | 15,1                         |
| 18.08.2003                             | 0,48                              | 0,03                     | 1,1                      | 1,8                       | 1                             | 0,49                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 08.09.2003                             | 0,03                              | 0,02                     | 3,8                      | 3,9                       | 1                             | 0,39                              | nicht bestimmt             | 13,19                        |
| 23.09.2003                             | 0,76                              | 0,09                     | 2,7                      | 4                         | 1                             | 0,33                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 03.02.2003                             | 0,23                              | 0,03                     | 4,4                      | 7,2                       | 2,6                           | 0,68                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| <b>S 3 Unterhalb KA Flerzheim</b>      |                                   |                          |                          |                           |                               |                                   |                            |                              |
| 16.11.2002                             | 2                                 | 0,07                     | 3,8                      | 7,2                       | 1,4                           | 0,32                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 22.12.2002                             | 0,03                              | 0,1                      | 3,5                      | 8                         | 4,5                           | 1,7                               | nicht bestimmt             | 9,2                          |
| 29.12.2002                             | 1,6                               | 0,12                     | 3                        | 6,2                       | 1,5                           | 1,2                               | nicht bestimmt             | 10,9                         |
| 25.02.2003                             | 0,03                              | 0,01                     | 9,7                      | 11                        | 1,6                           | 0,03                              | nicht bestimmt             | 13,17                        |
| 19.05.2003                             | 0,74                              | 0,1                      | 4,2                      | 6,8                       | 1,8                           | 0,64                              | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie II - Ereignis**

| <b>Datum</b>                 | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>GesamtN<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisch<br/>N (mg/L)</b> | <b>PO4P<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>S10 Oberhalb KA Loch</b>  |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 19.08.2002                   | 0,06                   | 0,18                     | 0,74                     | 4,7                       | 3,9                           | 2,4                    | nicht bestimmt             | 6,4                          |
| 08.06.2003                   | 0,03                   | 0,03                     | 2,2                      | 7,3                       | 5                             | 1,2                    | nicht bestimmt             | 7,1                          |
| 30.04.2003                   | 0,48                   | 0,02                     | 2                        | 5,1                       | 2,6                           | 0,75                   | nicht bestimmt             | 8,9                          |
| 06.03.2003                   | 0,26                   | 0,02                     | 2                        | 2,8                       | 1                             | 0,17                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 29.08.2002                   | 0,06                   | 0,01                     | 0,27                     | 18                        | 17,9                          | 3,2                    | nicht bestimmt             | 5,6                          |
| 01.08.2002                   | 0,5                    | 0,18                     | 0,5                      | 12                        | 10,7                          | 0,03                   | nicht bestimmt             | 4,5                          |
| 10.07.2002                   | 0,04                   | 0,006                    | 0,59                     | 2                         | 1,4                           | 1,2                    | nicht bestimmt             | 10,13                        |
| 20.06.2002                   | 0,03                   | 0,006                    | 0,79                     | 3,3                       | 2,5                           | 1,5                    | nicht bestimmt             | 7,55                         |
| 06.06.2002                   | 0,06                   | 0,19                     | 1,3                      | 3,7                       | 2,2                           | 0,03                   | nicht bestimmt             | 7,6                          |
| 05.06.2002                   | 0,06                   | 0,03                     | 1,8                      | 5,8                       | 3,9                           | 0,07                   | nicht bestimmt             | 8,6                          |
| 16.11.2002                   | 0,03                   | 0,007                    | 1,7                      | 3,1                       | 1,4                           | 0,68                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| <b>S11 Unterhalb KA Loch</b> |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 06.06.2002                   | 0,34                   | 0,06                     | 0,2                      | 3,5                       | 3                             | 0,27                   | nicht bestimmt             | 5,7                          |
| 30.04.2003                   | 0,75                   | 0,04                     | 1,1                      | 3,7                       | 1,8                           | 0,55                   | nicht bestimmt             | 9,2                          |
| 06.03.2003                   | 0,72                   | 0,04                     | 2,1                      | 3,8                       | 1                             | 0,48                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 16.11.2002                   | 0,25                   | 0,03                     | 2,2                      | 3,1                       | 1                             | 0,7                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 29.08.2002                   | 3,9                    | 0,006                    | 1,8                      | 14                        | 8,4                           | 1,2                    | nicht bestimmt             | 7,7                          |
| 19.08.2002                   | 1,2                    | 0,23                     | 1,4                      | 7,6                       | 5                             | 2,4                    | nicht bestimmt             | 4,4                          |
| 01.08.2002                   | 1,3                    | 0,15                     | 1,3                      | 14                        | 11                            | 0,87                   | nicht bestimmt             | 5,5                          |
| 20.06.2002                   | 1,46                   | 0,1                      | 0,81                     | 4,8                       | 2,5                           | 0,38                   | nicht bestimmt             | 3,4                          |
| 08.06.2003                   | 2                      | 0,05                     | 1,1                      | 12                        | 8,6                           | 3                      | nicht bestimmt             | 5,06                         |
| 05.06.2002                   | 0,44                   | 0,2                      | 1,5                      | 3,9                       | 1,8                           | 0,3                    | nicht bestimmt             | 8,1                          |
| 10.07.2002                   | 1                      | 0,11                     | 0,9                      | 2,1                       | 1                             | 0,98                   | nicht bestimmt             | 8,94                         |

## **Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie II - Ereignis**

| <b>Datum</b>                        | <b>NH4N<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrit<br/>(mg/L)</b> | <b>Nitrat<br/>(mg/L)</b> | <b>GesamtN<br/>(mg/L)</b> | <b>Organisch<br/>N (mg/L)</b> | <b>PO4P<br/>(mg/L)</b> | <b>Phosphat<br/>(mg/L)</b> | <b>Sauerstoff<br/>(mg/L)</b> |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>KA Loch Ablauf Stauraumkanal</b> |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 19.08.2002                          | 2,9                    | 0,84                     | 0,77                     | 8,3                       | 3,8                           | 2,5                    | nicht bestimmt             | 2,3                          |
| 02.02.2004                          | 2,8                    | 0,14                     | 0,98                     | 7,3                       | 3,4                           | 2,7                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 01.08.2002                          | 1,8                    | 0,25                     | 1,5                      | 12                        | 8,56                          | 1,2                    | nicht bestimmt             | 6,2                          |
| 20.06.2002                          | 3,3                    | 0,11                     | 0,29                     | 11                        | 7,3                           | 2,4                    | nicht bestimmt             | 17                           |
| 06.06.2002                          | 1,52                   | 0,3                      | 0,56                     | 6,7                       | 4,4                           | 0,41                   | nicht bestimmt             | 5,6                          |
| 05.06.2002                          | 1,2                    | 0,39                     | 0,2                      | 7,6                       | 5,8                           | 1,3                    | nicht bestimmt             | 6,6                          |
| 16.11.2002                          | 4,9                    | 0,46                     | 1,2                      | 7,3                       | 1                             | 1,2                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 10.07.2002                          | 2,1                    | 0,1                      | 1                        | 3,7                       | 1                             | 1,2                    | nicht bestimmt             | 8,49                         |
| 06.03.2003                          | 2,5                    | 0,12                     | 1,3                      | 5                         | 1,1                           | 0,86                   | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 29.08.2002                          | 5,7                    | 0,24                     | 2,3                      | 11                        | 2,7                           | 0,64                   | nicht bestimmt             | 7,4                          |
| 08.06.2003                          | 3,8                    | 0,27                     | 0,2                      | 12                        | 7,9                           | 2,6                    | nicht bestimmt             | 1,7                          |
| 30.04.2003                          | 1,6                    | 0,03                     | 1,6                      | 5                         | 1,7                           | 0,4                    | nicht bestimmt             | 9,8                          |
| <b>RÜB I KA Flerzheim</b>           |                        |                          |                          |                           |                               |                        |                            |                              |
| 23.09.2003                          | 6,1                    | 0,006                    | 0,2                      | 12                        | 5,9                           | 3,7                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 22.12.2002                          | 11,8                   | 1                        | 0,4                      | 16                        | 3                             | 2,2                    | nicht bestimmt             | 2,7                          |
| 08.09.2003                          | 4                      | 0,22                     | 0,2                      | 8,4                       | 4,2                           | 1,7                    | nicht bestimmt             | 5,68                         |
| 18.08.2003                          | 7,9                    | 0,009                    | 0,2                      | 17                        | 9,1                           | 4,5                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 03.02.2003                          | 8                      | 0,19                     | 1,6                      | 15                        | 5,5                           | 1,1                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |
| 29.12.2002                          | 7,3                    | 0,006                    | 0,2                      | 12                        | 4,5                           | 2,1                    | nicht bestimmt             | 3,44                         |
| 02.11.2002                          | 5,1                    | 0,26                     | 0,42                     | 9,1                       | 3,3                           | 1,2                    | nicht bestimmt             | 2,97                         |
| 11.11.2002                          | 6                      | 0,006                    | 0,2                      | 13                        | 7,4                           | 1,4                    | nicht bestimmt             | 4,13                         |
| 16.11.2002                          | 7,4                    | 0,006                    | 0,2                      | 9,5                       | 2,1                           | 1,6                    | nicht bestimmt             | nicht untersucht             |

---

## ***Einzugsgebiet und Kläranlagen - Chemie II - Ereignis***

| <b><i>Datum</i></b>        | <b><i>NH4N<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrit<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Nitrat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>GesamtN<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Organisch<br/>N (mg/L)</i></b> | <b><i>PO4P<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Phosphat<br/>(mg/L)</i></b> | <b><i>Sauerstoff<br/>(mg/L)</i></b> |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>RÜB II KA Flerzheim</b> |                               |                                 |                                 |                                  |                                      |                               |                                   |                                     |
| 22.12.2002                 | 8                             | 0,61                            | 0,49                            | 10                               | 1,2                                  | 2,3                           | nicht bestimmt                    | 5,1                                 |
| 19.05.2003                 | 5,4                           | 0,38                            | 0,29                            | 6,3                              | 1                                    | 2,1                           | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |
| 29.12.2002                 | 4,4                           | 0,05                            | 0,2                             | 7,4                              | 2,9                                  | 3,7                           | nicht bestimmt                    | 0,5                                 |
| 16.11.2002                 | 4,5                           | 0,006                           | 0,2                             | 7,8                              | 3,3                                  | 1,4                           | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |
| 11.11.2002                 | 5                             | 1,3                             | 0,22                            | 13                               | 6,8                                  | 1                             | nicht bestimmt                    | 6,62                                |
| 02.11.2002                 | 3,6                           | 0,06                            | 4                               | 11                               | 3,1                                  | 1,3                           | nicht bestimmt                    | 6,8                                 |
| 03.02.2003                 | 9,9                           | 0,54                            | 3,3                             | 17                               | 3                                    | 1,4                           | nicht bestimmt                    | nicht untersucht                    |

---



---

## Danksagung

Dem Direktor des Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn Herrn Prof. Dr. M. Exner danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes die Möglichkeit meine Forschungsarbeit durchzuführen.

PD Dr. med. T. Kistemann danke ich ganz herzlich für die Betreuung dieser Arbeit. Seine Diskussionsbereitschaft war eine wichtige Stütze für das Gelingen dieser Arbeit

Herrn Prof. Dr. B. Dieckrüger möchte ich für die Übernahme des Korreferates danken. Seine Anmerkungen zu hydrologischen Aspekten der Arbeit waren für mich sehr hilfreich

Frau Dr. Susanne Herbst danke ich für ihr Interesse an meiner Arbeit und die daraus resultierenden Diskussionen und Anregungen. Insbesondere unser Auslandsaufenthalt zu Beginn der Schreibphase war sehr wertvoll für mich.

Frau Birgit Göing möchte ich für die stets gewährte Unterstützung im Labor während einiger Wochenenden an der Bank danken.

Ich danke den Wasserversorgungsunternehmen und dem Erftverband für ihr stetes Engagement und ihre Verlässlichkeit in der Realisierung der Probenahmen.

Herrn Dr. C. Koch und Herrn Dr. S. Pleischl danke, weil Sie Bürokollegen sind, die wissen, was es heißt zu promovieren, und deren technischer Beistand über die Bedienung von Laborextraktionsmaschinen hinausging

Meinen Kollegen der Arbeitsgruppe Medizinische Geographie möchte ich die Erstellung der geographischen Karten, ungebremsstes Interesse und Aufmunterung danken. Daneben gilt allen Mitarbeitern des Hygiene-Instituts, die mir bei der Durchführung der Arbeit geholfen haben, mein Dank.

Und dann ist da noch meine Familie, ohne die ich diesen großen Schritt wohl nicht gemacht hätte. Meine Eltern und Geschwister, die mich immer bestärkt haben und an meiner Arbeit interessiert sind. Meine Oma Hedwig, die meine Neugier schon immer liebevoll ertragen hat und deren Ein-mal-eins-Training unvergesslich ist.

Da das Beste immer am Schluss kommt: Matthias, ohne Dich hätte mich so manche Krise in den Wahnsinn getrieben. Danke, das Du immer für mich da bist.