



Die Frenken eine Zustandsbeschreibung



Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	6
2 Charakterisierung des Untersuchungsgebiets	8
2.1 Einzugsgebiet der Frenken.....	8
2.2 Verlauf	9
2.3 Nutzung	10
2.4 Abflussverhältnisse.....	10
2.5 Stand der Abwasserbehandlung	11
3 Experimentelles	13
3.1 Situation bei niedriger bis mittlerer Wasserführung	13
3.2 Situation bei aufkommenden Regenereignissen.....	14
4 Situation bei Niederwasser: Resultate und Diskussion	16
4.1 Vordere Frenke zwischen Langenbruck und ARA Niederdorf (Stellen 8, 7 und 6).....	16
4.2 Vordere Frenke unterhalb der ARA Niederdorf (Stelle 5)	24
4.3 Vordere Frenke unterhalb Hölstein (Stelle 4).....	28
4.4 Hintere Frenke oberhalb ARA Reigoldswil (Stellen 12 und 11)	31
4.5 Hintere Frenke zwischen ARA Reigoldswil und Bubendorf (Stellen 10 und 9).....	37
4.6 Vereinigte Frenke oberhalb ARA Bubendorf (Stelle 3)	43
4.7 Vereinigte Frenke zwischen ARA Bubendorf und Mündung in die Ergolz (Stellen 2, 1)	47
4.8 Einfluss der Abwasserreinigungsanlagen	53
4.9 Beurteilung im Längsverlauf.....	56
4.10 Vergleich mit früheren Untersuchungen.....	63
5 Regenwettersituation: Resultate und Diskussion	66
5.1 Stand der Mischwasserbehandlung	66
5.2 Beschreibung der Regenereignisse	68
5.2.1 Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 1, Reigoldswil	69
5.2.2 Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 2, Niederdorf.....	73
5.2.3 Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 3, Bubendorf.....	78
5.3 Allgemeine Betrachtungen zu den Auswirkungen von Mischwasserentlastungen	82
5.4 Aussagekraft der untersuchten Parameter.....	83
5.5 Beeinflussung einzelner Gewässerabschnitte durch Mischwasserentlastungen.....	86
5.5.1 Hintere Frenke unterhalb der ARA Reigoldswil.....	86
5.5.2 Vordere Frenke unterhalb der ARA Niederdorf.....	87
5.5.3 Vereinigte Frenke unterhalb der ARA Bubendorf.....	88
5.6 Frachtbetrachtungen	89
6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	93

Anhang

Bezeichnung der Probenahmestellen.....	A 1
Abflussmengen an den Probenahmedaten (Trockenwetter).....	A 1
Analysenresultate Trockenwetter:	
Temperatur	A 2
Sauerstoff	A 2
pH-Wert	A 6
Leitfähigkeit	A 8
Gesamte ungelöste Stoffe (GUS).....	A 10
gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	A 12
gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)	A 14
Ammonium-Stickstoff.....	A 16
Nitrit-Stickstoff	A 18
Nitrat-Stickstoff	A 20
Phosphat-Phosphor.....	A 20
Gesamt-Phosphor	A 24
Koliforme Keime	A 26
Escherichia Coli	A 28
Äusserer Aspekt	A 30
Analysenresultate Regenwetter:	
200 m unterhalb ARA Frenke I, Reigoldswil.....	A 37
350 m unterhalb ARA Frenke II, Niederdorf.....	A 41
300 m unterhalb ARA Frenke III, Bubendorf.....	A 45
Übersichtsplan	A 49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einzugsgebiet der Frenken	8
Abbildung 2: Abflussmengen der Frenken	11
Abbildung 3: Stelle 8.....	18
Abbildung 4: Stelle 7.....	19
Abbildung 5: Stelle 6.....	20
Abbildung 6: Resultate äussere Aspekte	21
Abbildung 7: Resultate der biologischen Untersuchungen	23
Abbildung 8: Stelle 5.....	25
Abbildung 9: Resultate äussere Aspekte	26
Abbildung 10: Resultate der biologischen Untersuchungen	27
Abbildung 11: Stelle 4.....	29
Abbildung 12: Resultate äussere Aspekte	30
Abbildung 13: Stelle 12.....	32
Abbildung 14: Stelle 11.....	33
Abbildung 15: Resultate äussere Aspekte	34
Abbildung 16: Resultate der biologischen Untersuchungen	36
Abbildung 17: Stelle 10.....	38
Abbildung 18: Stelle 9.....	39
Abbildung 19: Resultate äussere Aspekte	40
Abbildung 20: Resultate der biologischen Untersuchungen	42
Abbildung 21: Stelle 3.....	44
Abbildung 22: Resultate äussere Aspekte	45
Abbildung 23: Resultate der biologischen Untersuchungen	46
Abbildung 24: Stelle 2.....	48
Abbildung 25: Stelle 1.....	49
Abbildung 26: Resultate äussere Aspekte	50
Abbildung 27: Resultate der biologischen Untersuchungen	52
Abbildung 28: Ökomorphologischer Zustand der Frenken.....	57
Abbildung 29: Aufwanderungshindernisse für Wassertiere	58
Abbildung 30: Chemische Belastung gemessen an den Qualitätszielen.....	60
Abbildung 31: Hygienischer Zustand.....	62
Abbildung 32: Chemische Belastung im Vergleich zu 1978-81	65
Abbildung 33: Übersicht über das Einzugsgebiet der drei Kläranlagen	67
Abbildung 34: Jährlich entlastete Mischwassermenge	68
Abbildung 35: Regenereignisse von Juni bis November 2000 in Reigoldswil	69
Abbildung 36: Ereignis vom 7. Juli 2000 Hintere Frenke	70
Abbildung 37: Ereignis vom 28. Juli 2000 Hintere Frenke	71
Abbildung 38: Ereignis vom 2. August 2000 Hintere Frenke	72
Abbildung 39: Ereignis vom 20. September 2000 Hintere Frenke	73
Abbildung 40: Regenereignisse von Juni bis November 2000 in Oberdorf	74
Abbildung 41: Ereignis vom 7. Juli 2000 Vordere Frenke	75
Abbildung 42: Ereignis vom 2. August 2000 Vordere Frenke	76
Abbildung 43: Ereignis vom 31. August 2000 Vordere Frenke	77
Abbildung 44: Ereignis vom 20. September 2000 Vordere Frenke	78
Abbildung 45: Regenereignisse von Juni bis November 2000 in Bubendorf.....	78
Abbildung 46: Ereignis vom 7. Juli 2000 Vereinigte Frenke.....	79
Abbildung 47: Ereignis vom 18. August 2000 Vereinigte Frenke.....	80
Abbildung 48: Ereignis vom 31. August 2000 Vereinigte Frenke.....	81
Abbildung 49: Ereignis vom 20. September 2000 Vereinigte Frenke	82
Abbildung 50: Belastung der Hinteren Frenke unterhalb der ARA Reigoldswil	87
Abbildung 51: Belastung der Vorderen Frenke unterhalb der ARA Niederdorf	88
Abbildung 52: Belastung der Vereinigten Frenke unterhalb der ARA Niederdorf	89
Abbildung 53: Vergleich Schmutzstofffrachten.....	91
Abbildung 54: Schmutzstofffrachten.....	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beurteilungskriterien für die chemischen Untersuchungsergebnisse	13
Tabelle 2: Klassifizierung des ökomorphologischen Zustandes	14
Tabelle 3: Häufigkeitsklassen zur Quantifizierung der Besiedlung durch Vertreter der Makrofauna...	14
Tabelle 4: Chemische Parameter	22
Tabelle 5: Resultate der chemischen Untersuchungen, Stelle 5	26
Tabelle 6: Resultate der chemischen Untersuchungen, Stelle 4	30
Tabelle 7: Resultate der chemischen Untersuchungen, Stelle 12 + 11	35
Tabelle 8: Resultate der chemischen Untersuchungen, Stelle 10 + 9	41
Tabelle 9: Resultate der chemischen Untersuchungen, Stelle 3	45
Tabelle 10: Resultate der chemischen Untersuchungen, Stelle 2 + 1	51
Tabelle 11: Chemische Untersuchung des Ablaufs der ARA Frenke 1	55
Tabelle 12: Chemische Untersuchung des Ablaufs der ARA Frenke 2	55
Tabelle 13: Chemische Untersuchung des Ablaufs der ARA Frenke 3	55
Tabelle 14: Vergleich mit früheren Untersuchungen	64
Tabelle 15: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des Sauerstoffdefizits	84
Tabelle 16: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des DOC-Gehalts	84
Tabelle 17: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des Gehalts an Ammonium-Stickstoff	85
Tabelle 18: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des Gehalts an coliformen Keimen.....	85
Tabelle 19: Geschätzte mittlere Schmutzstoffkonzentrationen im entlasteten Mischwasser.....	90
Tabelle 20: Entlastete Mischwassermengen	90

1 Einleitung

Die Frenken (Vordere Frenke, Hintere Frenke und Vereinigte Frenke) wurden letztmals vor etwa 20 Jahren umfassend untersucht. Damals - zu Beginn der Achtzigerjahre - galt es, naturwissenschaftliche Grundlagen für ein Gewässerschutzkonzept¹ des Kantons Basel-Landschaft bereitzustellen. Hierzu führte das Gewässerschutzlaboratorium des damaligen Wasserwirtschaftsamtes sowohl Untersuchungen an den Oberflächengewässern² als auch an den im Einzugsgebiet vorhandenen Kläranlagen³ durch. Seit dieser letzten umfassenden Untersuchung hat die Bevölkerung im Einzugsgebiet der Frenken im Mittel um rund 40 Prozent zugenommen, wobei die Gemeinde Bubendorf mit einem Bevölkerungswachstum von beinahe 100 Prozent Spitzenreiterin ist.

Im Einzugsgebiet der Frenken existieren insgesamt acht Kläranlagen. Es handelt sich hierbei um fünf kleinere Anlagen, welche das Abwasser der Gemeinden Arboldswil, Bennwil, Lampenberg, Liedertswil und Titterten reinigen. Mit Ausnahme der Anlage in Liedertswil befinden sich alle diese Gemeindeanlagen auf dem neusten Stand der Technik. Zusammen reinigen sie jedoch nur schätzungsweise zehn Prozent des im Einzugsgebiet der Frenken anfallenden Abwassers. Der Rest wird in den drei Kläranlagen ARA Frenke 1, 2 und 3 in Reigoldswil, Niederdorf und Bubendorf gereinigt. Insgesamt sind 10 Gemeinden an diese drei Anlagen angeschlossen; sie haben demnach regionalen Charakter.

Das Amt für Industrielle Betriebe (AIB) hat in den vergangenen 20 Jahren an den drei Frenken-Anlagen regelmässig Unterhaltsarbeiten durchgeführt, ohne dabei die Anlagenkapazitäten wesentlich zu erweitern. Gemäss Angabe des AIB ist heute die Anlage in Reigoldswil an ihrer hydraulischen und die Anlage in Bubendorf an ihrer biochemischen Kapazitätsgrenze angelangt.

Ein weiteres Problem stellt der Gewässerschutz bei Regenwetter dar: Währenddem die modernen Gemeindekläranlagen über eine eigene Mischwasserbehandlung verfügen, ist die Behandlung des aus den Einzugsgebieten der drei Frenken-Anlagen anfallenden Mischwassers noch nicht befriedigend gelöst. Das bei einsetzendem Regen aus der Kanalisation entlastete Mischwasser führt temporär vermutlich zu massiven qualitativen Beeinträchtigungen der Frenken.

Vor diesem Hintergrund haben wir vom Januar 2000 bis Januar 2001 die Frenken einer umfassenden Untersuchung unterzogen. Sie verfolgte insbesondere nachfolgende Ziele:

- Beschreibung des aktuellen Zustands in chemischer, bakteriologischer, morphologischer und biologischer Hinsicht, sowie anhand des äusseren Aspekts.
- Ermittlung vorhandener Defizite und deren Ursachen.
- Aufzeigen der durch Mischwasserentlastungen temporär auftretenden Beeinträchtigungen der Frenken - insbesondere im Nahbereich der Kläranlagen.
- Ausarbeitung von Empfehlungen zur Verbesserung des Ist-Zustands.

Auf die Themenbereiche Biologie und Ökomorphologie wird in diesem Bericht nur im Überblick eingegangen. Eine umfassende biologische Untersuchung über die Kleinlebewesen

¹ "Gewässerschutz-Konzept des Kantons Basel-Landschaft für die Achtzigerjahre", Wasserwirtschaftsamt BL (WWA), Dezember 1982

² "Zustand der wichtigsten BL-Oberflächengewässer", Gewässerschutzlaboratorium des WWA, August 1981

³ a) "Leistungskontrolle auf der ARA Frenke I, Reigoldswil", b) "Leistungskontrolle auf der ARA Frenke II, Niederdorf", c) "Leistungskontrolle auf der ARA Frenke III, Bubendorf", alle Gewässerschutzlaboratorium des WWA, Juli 1981

(Makroinvertebraten) in den Frenken ist zur Zeit noch im Gange. Der entsprechende Untersuchungsbericht sollte bis Ende 2001 vorliegen. Eine ökomorphologische Bestandesaufnahme der Frenken wurde 1998/1999 im Rahmen einer Praktikumsarbeit⁴ durchgeführt.

⁴ "Ökomorphologische Bestandesaufnahme der Frenken", Praktikumsarbeit Karin Bühlmann, AUE-Umweltschutzlabor, Januar 1999

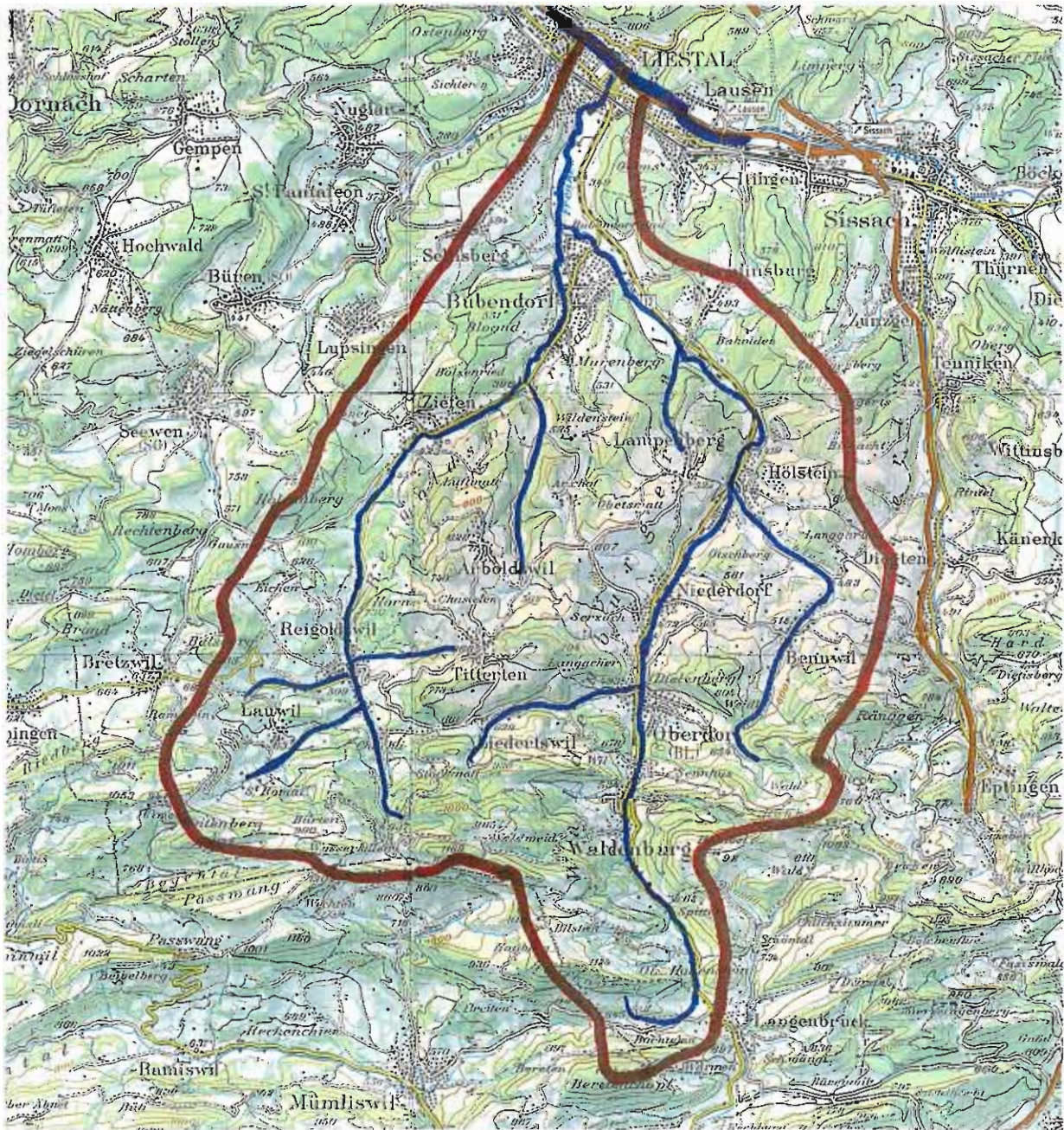
2 Charakterisierung des Untersuchungsgebiets

2.1 Einzugsgebiet der Frenken

Das Einzugsgebiet der beiden Frenken umfasst etwa 85 km² (siehe Abbildung 1) und erstreckt sich in der Nord-Süd-Ausrichtung von Liestal bis zum Beretenkopf bei Langenbruck und in der West-Ost-Ausdehnung von Lauwil bis Bennwil. Der Kettenjura bildet die Südgrenze. Der grösste Teil der Fläche liegt im Tafeljura.

Im Einzugsgebiet der Frenken leben knapp 18'000 Menschen (ohne Liestal und Langenbruck. Das Siedlungsgebiet von Langenbruck wird südwärts entwässert).

Abbildung 1: Einzugsgebiet der Frenken (Massstab 1 : 100'000)



Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie (BA013102)

Wie viele andere Täler sind auch die Frenkentäler in einen eher ländlichen Teil und in einen stärker besiedelten Teil gegliedert. In den Seitentälern und auf den höheren Lagen des Tafeljuras liegen die kleineren Siedlungen Arboldswil, Bennwil, Lampenberg, Lauwil, Liedertswil, Ramlinsburg und Titterten. Hier prägen Landwirtschaft und rückgängiger traditioneller Streuobstbau das Landschaftsbild. Die Hänge zur Talsohle hinunter sind in der Regel bewaldet.

In der Talebene dominieren grössere Siedlungen mit Gewerbe und Industrie sowie Verkehrsträger das Bild. Landwirtschaft spielt nur noch eine untergeordnete Rolle. Bis hinunter nach Bubendorf wird diese Tendenz noch verstärkt. Es liegt auf der Hand, dass die Gewässer in diesen Gebieten dem zivilisatorischen Druck nachgeben mussten und entsprechend eingengt wurden.

2.2 Verlauf

Die Vordere Frenke entspringt im Gebiet des Helfenberges am Oberen Hauenstein nordwestlich von Langenbruck und fliesst in nördlicher Richtung durch bewaldetes und landwirtschaftlich genutztes Gebiet nach Waldenburg. Ab Waldenburg wird sie erstmals kräftig ins Korsett gezwängt. Auch in Oberdorf und Niederdorf leidet der Bach an den massiven Ufer- und zum Teil auch Sohlenverbauungen, die nach dem grossen Hochwasser von 1926 realisiert wurden. In Oberdorf mündet der Weigistbach, der das gereinigte Abwasser aus Liedertswil mit sich führt, in die Vordere Frenke. Unterhalb Niederdorf übernimmt die Frenke das gereinigte Abwasser der ARA Frenke 2, in welcher das Abwasser aus den Gemeinden Waldenburg, Oberdorf und Niederdorf behandelt wird. In Hölstein wird die Vordere Frenke durch den Bennwilerbach verstärkt. Der Bennwilerbach dient der ARA Bennwil als Vorfluter. Unterhalb Hölstein verläuft der Bach vorwiegend in Landwirtschaftsgebiet, wobei jedoch in der sogenannten "Bärenmatte" in den letzten zwanzig Jahren ein grösseres Industriegebiet entstanden ist. Dort mündet das Talbächli, welches das gereinigte Abwasser der ARA Lampenberg übernimmt, in die Vordere Frenke.

Die Hintere Frenke entspringt im landschaftlich äusserst attraktiven Gebiet "Wasserfallen" südlich von Reigoldswil. Wie es der Name besagt, stürzt der Bach in mehreren Wasserfällen im steilen Gebiet talwärts. Auch in Reigoldswil sind die Massnahmen nach dem Hochwasser von 1926 in Form von Ufermauern und einer grösseren Eindolung noch deutlich sichtbar. Im Siedlungsgebiet von Reigoldswil mündet das Wolbächli mit dem gereinigten Abwasser der ARA Titterten in die Hintere Frenke. Unterhalb von Reigoldswil muss das Gewässer das gereinigte Abwasser der ARA Frenke 1 (Reigoldswil und Lauwil) schlucken. Ähnlich wie im Vorderen Frenkental durchfliesst auch die Hintere Frenke vorwiegend landwirtschaftlich genutztes Kulturland, wobei in den Aussenbereichen der Siedlungen Industrie- und Gewerbebezonen entstanden sind. Besonders ausgeprägt ist dies südlich von Bubendorf der Fall. Dort mündet der Fluebach mit dem gereinigten Abwasser der ARA Arboldswil in die Hintere Frenke.

Auf der Höhe des "Bad Bubendorf" vereinigen sich die Vordere und die Hintere Frenke, um die letzten 2.5 km Fliessstrecke bis zur Ergolz gemeinsam zurückzulegen. In diesem Abschnitt wird dem Bach das gereinigte Abwasser der ARA Frenke 3 übergeben, welche das Abwasser aus den Gemeinden Hölstein, Ramlinsburg, Bubendorf und Ziefen behandelt. Im Gebiet "Heidenloch" in Liestal ergiesst sich die Frenke in die Ergolz.

Auf der gesamten Fliessstrecke münden gemäss kantonalem Gewässerkataster insgesamt 70 Seitenbäche in die Frenken.

2.3 Nutzung

Die Nutzung der Frenken beschränkt sich heute auf Naherholung und Hobby (Spaziergänge auf den recht ausgedehnten Uferwegen und Sportfischerei). Relikte von Stauwehren zeugen davon, dass in früheren Zeiten Wasserkraft zur Energiegewinnung (Sägen, Mühlen) genutzt wurde. Die Auswirkungen der ehemals intensiven Nutzung der Wasserkraft sind aber immer noch teilweise zu spüren: Die Aufstauungen reduzieren die Fliessgeschwindigkeit des Wassers, was Sedimentation und Verschlammung der Bachsohle verstärkt und strömungsliebende Tiere benachteiligt. Zudem bilden diese Bauwerke Wanderhindernisse für kleinere Gewässerorganismen.

Die Frenke wird indirekt auch zur Wassergewinnung genutzt, indem sich der Grundwasserspiegel durch den Grundwasserpumpbetrieb absenkt und Bachwasser verstärkt in den Grundwasserleiter infiltriert. Dies hat eine Verminderung der Abflussmenge im Oberflächengewässer zur Folge.

Weiter dient der Bach direkt oder indirekt als Vorfluter für das gereinigte Abwasser von acht Kläranlagen, das bei Regenwetter aus der Kanalisation entlastete Mischwasser sowie für direkt eingeleitetes Meteorwasser.

2.4 Abflussverhältnisse

Das kantonale Tiefbauamt betreibt im Einzugsgebiet der Frenken vier Pegelmessstationen: zwei an der Vorderen Frenke (in Waldenburg und Bubendorf) und zwei an der Hinteren Frenke (in Reigoldswil und Bubendorf). Nachfolgend geben wir anhand einiger Eckdaten bezüglich der jeweiligen Messstellen eine kurze hydraulische Charakterisierung der Frenken. Ergänzend hierzu zeigt Abbildung 2 die Dauerabflusskurven.

Vordere Frenke Waldenburg

Die Pegelmessstation an der **Vorderen Frenke in Waldenburg** wurde 1979 in Betrieb genommen. Die mittlere Abflussmenge seit Inbetriebnahme der Station beträgt 0.31 m^3 pro Sekunde. Das Q_{347} , das heisst die Abflussmenge, welche während 347 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten wird, liegt bei 90 l/s. Das grösste Jahresmittel von $0.47 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde 1982 erreicht, das kleinste von $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ 1992. Die grösste gemessene Abflussmenge von $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde im Mai 1999 ermittelt. Das kleinste je gemessene Tagesmittel betrug $0 \text{ m}^3/\text{s}$, d.h. es wurde kein Abfluss registriert. Dies war innerhalb der Beobachtungsperiode verschiedentlich der Fall.

Vordere Frenke Bubendorf

Die Pegelmessstation "**Talhaus**" an der **Vorderen Frenke in Bubendorf** wurde 1978 in Betrieb genommen. Die mittlere Abflussmenge seit Inbetriebnahme der Station beträgt 0.79 m^3 pro Sekunde. Das Q_{347} , das heisst die Abflussmenge, welche während 347 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten wird, liegt bei 160 l/s. Das grösste Jahresmittel von $1.07 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde 1982 erreicht, das kleinste von $0.45 \text{ m}^3/\text{s}$ 1989. Die grösste gemessene Abflussmenge von $28 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde im Juni 1999 ermittelt. Das kleinste je gemessene Tagesmittel betrug $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$. Es wurde im September 1985 registriert.

Hinterer Frenke Reigoldswil

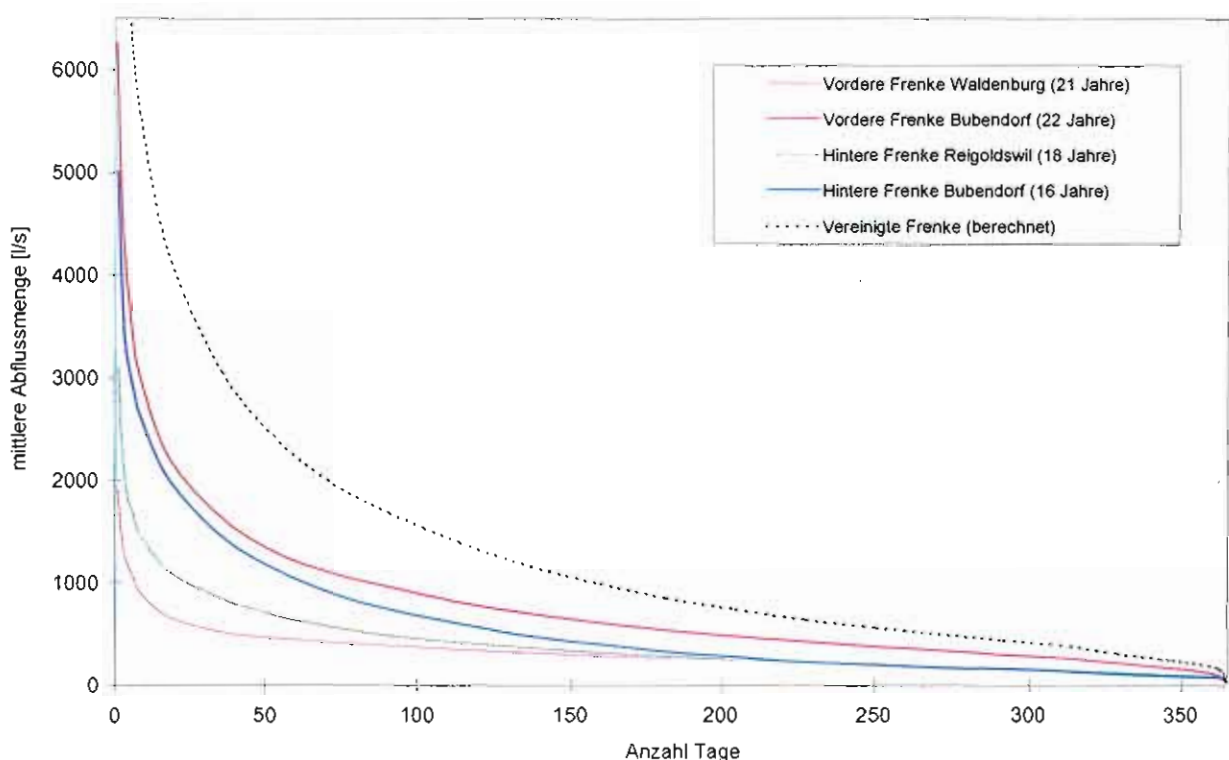
Die Pegelmessstation an der **Hinteren Frenke in Reigoldswil** wurde 1982 in Betrieb genommen. Die mittlere Abflussmenge seit Inbetriebnahme der Station beträgt 0.40 m^3 pro Sekunde. Das Q_{347} , das heisst die Abflussmenge, welche während 347 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten wird, liegt bei 100 l/s. Das grösste Jahresmittel von $0.55 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde 1987 erreicht, das kleinste von $0.28 \text{ m}^3/\text{s}$ 1998. Die grösste gemessene Abflussmenge von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde im Juli

1997 ermittelt. Das kleinste je gemessene Tagesmittel betrug $0.07 \text{ m}^3/\text{s}$. Es wurde im August und im September 1992 registriert.

Hintere Frenke Bubendorf

Die Pegelmessstation "**Morgental**" an der **Hinteren Frenke in Bubendorf** wurde 1984 in Betrieb genommen. Die mittlere Abflussmenge seit Inbetriebnahme der Station beträgt 0.59 m^3 pro Sekunde. Das Q_{347} , das heisst die Abflussmenge, welche während 347 Tagen im Jahr erreicht oder überschritten wird, liegt bei 80 l/s . Das grösste Jahresmittel von $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde 1999 erreicht, das kleinste von $0.28 \text{ m}^3/\text{s}$ 1989. Die grösste gemessene Abflussmenge von $25 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde im Mai 1994 ermittelt. Das kleinste je gemessene Tagesmittel betrug $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$. Es wurde im September 1984 registriert.

Abbildung 2: Abflussmengen der Frenken, welche an einer bestimmten Anzahl Tage pro Jahr erreicht oder überschritten werden (Beobachtungsperiode)



2.5 Stand der Abwasserbehandlung

Heute sind praktisch sämtliche Liegenschaften im Einzugsgebiet der Frenken an eine ARA angeschlossen. Eine Ausnahme bilden lediglich Liegenschaften ausserhalb des Baugebietes, wo die gesetzeskonforme Entsorgung von häuslichen Abwässern auf andere Weise erfolgt.

Während das Abwasser im oberen Teil des Einzugsgebiets mehrheitlich in kleinen lokalen Gemeindeanlagen gereinigt wird, vertraut man in der Talebene auf grössere regionale Abwasser-Reinigungsanlagen. So behandelt die ARA Frenke 1 in Reigoldswil das Abwasser von rund 1800 Menschen aus Reigoldswil und Lauwil. Die ARA Frenke 2 von Niederdorf reinigt das Abwasser von 5500 Menschen aus Waldenburg, Oberdorf und Niederdorf. In der ARA Frenke 3 in Bubendorf wird das Abwasser von 8500 Menschen aus Hölstein, Ramlinsburg, Bubendorf und

Ziefen gereinigt. Hinzu kommt bei allen Anlagen noch das Abwasser der im Einzugsgebiet ansässigen Gewerbe- und Industriebetriebe. Im Einzugsgebiet der Frenken-Anlagen hat es einige Industriebetriebe, welche nicht nur unproblematisches Abwasser produzieren (Galvanik-, Chemie- und Entsorgungsbetrieb für Sonderabfälle) und daher über eine entsprechende Abwasservorbehandlung verfügen.

Die Kläranlagen Bennwil, Arboldswil, Titterten und Lampenberg, sind auf dem neusten Stand der Technik. Sie arbeiten ohne Vorklärbecken. Die gröberen Feststoffe im Abwasser werden in einem Rechen zurückgehalten, die feineren werden in einer Mühle zerkleinert und in die biologische Stufe weitergegeben. Der Sauerstoffeintrag erfolgt mittels Tiefenbelüftung. Phosphat wird - ausser auf der ARA Arboldswil - simultan ausgefällt. Die Anlagen sind so ausgelegt, dass sie während des ganzen Jahres nitrifizieren. Überschussschlamm wird aus dem System entfernt und in einem Schlammstapler zwischengelagert. Bei einem Regenereignis anfallendes Mischwasser wird in einem Mischwasserrückhaltebecken eine gewisse Zeit zurückgehalten. Danach entlastetes Mischwasser wird filtriert.

Die ARA Liedertswil ist zum Zeitpunkt dieser Berichterstattung noch nicht auf den Stand der Technik ausgebaut; dies wird aber in nächster Zeit erfolgen.

Die drei Frenken-Anlagen sind im Prinzip alle gleich aufgebaut. Die mechanische Stufe besteht aus Rechen und Sandfang. Die biologische Stufe ist auf Vollnitrifikation ausgelegt. Der Sauerstoff wird mittels Tiefenbelüftung eingetragen. Eine chemische Stufe eliminiert das Phosphat. Die ARA Frenke 1 in Reigoldswil verfügt über ein kleines improvisiertes Mischwasserrückhaltebecken. Die ARA Frenke 2 in Niederdorf verfügt zur Zeit noch nicht über eine Mischwasserbehandlung. Der ARA Frenke 3 in Bubendorf ist ein Speicherkanal vorgeschaltet.

Die Verdünnungsverhältnisse des gereinigten Abwassers der drei Frenken-Anlagen mit dem Bachwasser sind bei Niederwasserführung (Q_{347}) nicht gerade üppig. Im Fall der ARA Reigoldswil beträgt das Mischungsverhältnis Abwasser zu Bachwasser etwa 1 : 8. Schlechter sieht es bei den Kläranlagen in Niederdorf und Bubendorf aus. In Niederdorf liegt das Mischungsverhältnis etwa bei 1 : 2 und in Bubendorf bei 1 : 4.

3 Experimentelles

3.1 Situation bei niedriger bis mittlerer Wasserführung

An den Frenken haben wir **chemisch-physikalische, makrobiologische** und **bakteriologische** Untersuchungen durchgeführt. Anlässlich der Probenahmen erfolgte jeweils auch die Beurteilung der sogenannten **äusseren Aspekte** des Gewässers. Im Weiteren haben wir noch die **Ökomorphologie** (baulicher Zustand von Sohle, Ufer, näherer Umgebung) des Gewässers erhoben.

Die **chemischen Untersuchungen** erfolgten ungefähr im Monatsrhythmus zwischen Januar 2000 und Januar 2001, insgesamt 13 mal bei niedriger bis mittlerer Wasserführung. In den Momentanproben wurden Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, gesamte ungelöste Stoffe (GuS), gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC), gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC), Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$), Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$), Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$), Gesamtphosphor (P_{tot}) sowie die Anzahl koliformer Keime und von E.Coli-Bakterien gemessen. Die Untersuchungen wurden gemäss den "Richtlinien für die Untersuchung von Abwasser und Oberflächenwasser" des Eidgenössischen Departements des Innern (EDI) durchgeführt.

Die Einstufung der chemischen Belastung der Bachproben erfolgte gemäss den "Empfehlungen für die Untersuchung von schweizerischen Oberflächengewässern". Die entsprechenden Beurteilungskriterien sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Beurteilungskriterien für die chemischen Untersuchungsergebnisse gemäss den "Empfehlungen für die Untersuchung von schweizerischen Oberflächengewässern"

Beurteilung	DOC mg/l	Ammonium mg N/l	Gesamt-Phosphor mg P/l	Phosphat mg P/l
unbelastet	unter 1,3	unter 0,04	unter 0,05	unter 0,03
schwach belastet	1,3 - 2	0,04 - 0,15	0,05 - 0,2	0,03 - 0,1
deutlich belastet	2 - 3,5	0,15 - 0,4	0,2 - 0,5	0,1 - 0,3
stark belastet	über 3,5	über 0,4	über 0,5	über 0,3

Um den Einfluss der drei regionalen Abwasserreinigungsanlagen auf die Wasserqualität der Frenken zu quantifizieren, beprobten wir auch deren Ausläufe in den Bach. Die Werte der ARA-Abläufe verglichen wir mit den Grenzwerten der GSchV Anhang 3.1. Es muss allerdings beachtet werden, dass es sich lediglich um Momentanproben handelt. Nähere Angaben über die Reinigungsleistungen, Zu- und Ablauf-Konzentrationen und Tagesgänge können unseren Berichten über die Leistungskontrollen der ARA, sowie den Betriebsberichten des AIB entnommen werden.

Die genaue Lage der Probenahmestellen sowie die zum Zeitpunkt der Probenahme herrschenden Abflussverhältnisse sind dem Anhang (Seite A1) zu entnehmen. Sämtliche Untersuchungsergebnisse betreffend äusseren Aspekten, chemischen Untersuchungen und Hygiene sind im Anhang Seite A2 bis A36 aufgelistet. Die Untersuchungsergebnisse der Regenwetterstudie sind anschliessend zu finden (A37 bis A48). Zuhinterst im Anhang befindet sich zudem ein Übersichtsplan über das Untersuchungsgebiet.

Unter den **äusseren Aspekten** verstehen wir die von blosserem Auge feststellbaren Auswirkungen von Abwassereinleitungen. Dazu gehören Schlammablagerungen, Schaumbildungen, Aufwuchs von heterotrophem Bewuchs und Ciliatenbelägen, Veralgung und Entlastungsrückstände.

Die **Ökomorphologie** beschreibt den baulichen Zustand des Baches. Dieser ist für die Qualität des Baches als Lebensraum und Landschaftselement wichtig. Die Bestandesaufnahme führten wir nach den "Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F" des BUWAL durch (s. auch Bericht "Ökomorphologische Bestandesaufnahme der Frenken" USL, Januar 1999). Erfasst und beurteilt werden die Parameter Sohlenverbauungen, Breitenvariabilität, Verbauungen des Böschungsfusses sowie die Breite und Vegetation des Uferbereichs. Die Bewertung erfolgt mittels der Summe der "Strafpunkte" eines bestimmten Gewässerabschnittes in einer vierstufigen Skala (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Klassifizierung des ökomorphologischen Zustandes:

Bezeichnung	Darstellungsfarbe	Punktesumme
natürlich/naturnah	blau	0 - 1
wenig beeinträchtigt	grün	2 - 5
stark beeinträchtigt	gelb	6 - 9
naturfremd/künstlich	rot	10 - 12

Die **Kleintierfauna** beprobten wir mit Hilfe der "Kick Sample-Methode". Dabei wird ein Netz vertikal auf die Bachsohle gestellt und dahinter mit dem Stiefel das Kies so bewegt, dass die Kleintiere aufgewirbelt und durch die Strömung ins Netz getrieben werden. Die Beprobungen fanden im März, Juni, August und November 2000 statt. Die Lage der Probenahmestellen ist im Übersichtsplan im Anhang wiedergegeben.

Die Tiere wurden im Labor bestimmt und die Häufigkeiten der einzelnen Taxas abgeschätzt. Die Bestimmung erfolgte in der Regel bis auf die Gattung. Bei den Zweiflüglern (Diptera) bestimmten wir allerdings nur die Familien. Auf eine Bestimmung der Milben (Acari) verzichteten wir. Die Einteilung in Häufigkeitsklassen erfolgte mit einer 4-teiligen Skala (siehe Tabelle 3). Von allen Vertretern konservierten wir einige Exemplare falls eine genauere Nachbestimmung notwendig wäre.

Tabelle 3: Häufigkeitsklassen zur Quantifizierung der Besiedlung durch Vertreter der Makrofauna:

Anzahl Individuen	Klasse	Darstellung
keine	1	
vereinzelt	2	•
häufig	3	●
massenhaft	4	●●

Eine genauere Bestandesaufnahme der Makrofauna durch eine externe Firma ist zur Zeit noch im Gange. Der Untersuchungsbericht wird bis Ende 2001 vorliegen.

3.2 Situation bei aufkommenden Regenereignissen

Um die Auswirkungen von Mischwasserentlastungen auf das Gewässer zu beschreiben, beprobten wir die Bäche unterhalb der Stellen, wo häufig Entlastungen zu erwarten sind. Das betrifft in erster Linie die Hauptentlastungen bei den ARA-Zuläufen. Bei aufkommendem Regen entnahmen wir in sehr engem Rhythmus Wasserproben, in welchen wir Temperatur, Sauerstoffgehalt, gesamte ungelöste Stoffe (GuS), gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC), gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC), Ammonium (NH₄-N) und die Anzahl koliformer Keime bestimmten.

Die genaue Lage dieser Probenahmestellen ist ebenfalls aus dem Übersichtsplan im Anhang ersichtlich.

4 Situation bei Niederwasser: Resultate und Diskussion

4.1. Vordere Frenke zwischen Langenbruck und ARA Niederdorf (Stellen 8, 7 und 6)

Ökomorphologie

Oberhalb Waldenburg ist die Vordere Frenke weitgehend naturbelassen. An einigen Stellen reicht die landwirtschaftliche Bewirtschaftung etwas nahe an den Bach. In den steileren Bereichen ist die Gewässersohle oft durch Querverbauungen gesichert. Diese künstlichen Abstürze sind für aufwärtswandernde Gewässerkleintiere kaum überwindbar.

Unterhalb des Siedlungsgebietes von Oberdorf weist das Bachufer einige unschöne Verbauungen auf und ist deutlich zu schmal. Die Gewässersohle ist natürlich.

Oberhalb des ARA Ablaufs in Niederdorf erfreut sich der Bach eines ziemlich naturnahen Zustandes. Er mäandriert sogar ein wenig. Störend sind die Schwellen und Blockwurfverbauungen an einigen Stellen (s. Abbildungen 3 bis 5).

Äussere Aspekte

Das Gewässer ist im beschriebenen Streckenabschnitt kaum beeinträchtigt. Lediglich an Stelle 8 (Langenbruck) fanden wir bei vier Untersuchungen wenig heterotrophen Bewuchs, wahrscheinlich als Folge von landwirtschaftlichen Einflüssen.

In Oberdorf (Stelle 7) stellten wir bei drei Untersuchungen Entlastungsrückstände fest. Zudem tritt ein ziemlich starkes Wachstum von Fadengrünalgen auf, welches eine Folge der ungenügenden Beschattung sein dürfte.

An Stelle 6, oberhalb der ARA Niederdorf, zeigt sich der Bach bezüglich seines äusseren Aspekts von der besten Seite (s. Abbildung 6).

Chemische Untersuchungen

Auch bezüglich der chemischen Belastung ergibt sich in diesem Abschnitt der Vorderen Frenke ein gutes Bild (s. Tabelle 4). Die Sauerstoff-Konzentrationen liegen immer im Bereich der Sättigung. Der DOC zeigt eine schwache Belastung an, währenddem die Stickstoff- und Phosphorparameter alle auf unbelastete Verhältnisse hinweisen.

Bakteriologische Untersuchungen

Die Anzahl E.Coli-Bakterien (<200 Keime pro 100 ml) unterhalb Langenbruck ist gering. Da das Einzugsgebiet an dieser Stelle des Bachs mehrheitlich aus Wald besteht, erstaunt dies nicht weiter.

Unterhalb von Oberdorf nehmen die E.Coli-Bakterien deutlich zu (1900 Keime/100 ml als 80 %-Wert). Hier macht sich möglicherweise der Einfluss des gereinigten Abwassers der noch nicht renovierten ARA Liedertwil bemerkbar (s. Tabelle 4).

Biologische Untersuchungen

Die Artenzusammensetzung der Gewässerfauna deutet - wie die chemische Untersuchung - auf nährstoffarme Verhältnisse hin. Die verschiedenen Ernährungstypen zeigen sich zahlenmässig in einem ausgeglichenen Verhältnis. Unter den Detritivoren erreicht nur der Bachflohkrebs hohe Besiedlungsdichten. Dies zeigt sich vor allem in der Jahreszeit, in der sein Tisch mit Algen und Falllaub reichlich gedeckt ist (August- und Novemberuntersuchung). Erfreulicherweise fanden wir auch die bezüglich Lebensraumqualität ziemlich anspruchsvollen grossen Steinfliegenlarven (s. Abbildung 7).

Fazit

Aus ökomorphologischer Sicht hinterlässt die Vordere Frenke zwischen Langenbruck und Niederdorf einen zwiespältigen Eindruck: Erfreulich naturnahe Fließstrecken wechseln sich mit sehr stark verbauten Abschnitten ab. Der äussere Aspekt des Gewässers ist im erwähnten Abschnitt weitgehend in Ordnung. Auch in chemischer Hinsicht kann die Vordere Frenke hier grösstenteils als unbelastet bezeichnet werden. Bezüglich Hygiene (E.Coli-Bakterien) zeigt sich der Einfluss von menschlichen Aktivitäten (Siedlungsentwässerung, Landwirtschaft). Aus biologischer Sicht stechen vor allem die Bachflohkrebse auf Grund ihres zahlreichen Vorkommens sowie die in den Baselbieter Fließgewässern eher selten anzutreffenden Steinfliegenlarven ins Auge.



Abb. 3: Stelle 8
"Weiermatt", Langenbruck

naturnaher
Gewässerabschnitt



Steinoberfläche mit
Köcherfliegenlarven



Steinoberfläche mit
Köcherfliegenlarve
Rhyacophila sp.



Abb. 4: Stelle 7
unterhalb Oberdorf

leicht verbauter
Bachabschnitt



Steinoberfläche mit
Eintagsfliegenlarve
Ecdyonurus sp.



Steinoberfläche mit
Köcherfliegenlarve
Rhyacophila sp.



Abb. 5: Stelle 6, oberhalb
ARA Frenke 2, Niederdorf

mit vielen Schwellen
verbauter Bachabschnitt



rechts im Bild der Auslauf
der ARA Frenke 2



Steinoberfläche mit
Eintagsfliegenlarve
Ecdyonurus sp.


Abbildung 6: Resultate äussere Aspekte

Stelle 8, Spittel unterhalb Langenbruck

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bawuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000							•
14.02.2000				•			
28.02.2000							
14.03.2000							•
04.04.2000							•
02.05.2000							•
30.05.2000							
18.07.2000				•			
15.08.2000							
19.09.2000							
17.10.2000							
30.11.2000				•			
19.12.2000				•			
15.01.2001							

Stelle 7, unterhalb Oberdorf

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bawuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000	•						•
14.02.2000							
28.02.2000	•						•
14.03.2000							•
04.04.2000							•
02.05.2000							•
30.05.2000	•						•
18.07.2000							•
15.08.2000							•
19.09.2000							•
17.10.2000							•
30.11.2000							•
19.12.2000							•
15.01.2001							•

Legende: 
keine selten vereinzelt stark

Stelle 6, oberhalb ARA Frenke 2, Niederdorf

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bawuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000							
14.02.2000							
28.02.2000							
14.03.2000							
04.04.2000							•
02.05.2000							•
30.05.2000							
18.07.2000							•
15.08.2000							•
19.09.2000							
17.10.2000							•
30.11.2000							
19.12.2000							
15.01.2001							

Tabelle 4: chemische Parameter

Stelle 8, "Weiermatt" unterhalb Langenbruck						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.0	10.7	8.2	3.9	1.7	1.6
Standardabw.	2.1	0.8	0.2	3.4	0.9	0.9
80%-Wert		9.6		3.7	1.8	1.7
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.020	0.003	1.4	0.011	0.031	80
Standardabw.	0.022	0.003	0.1	0.008	0.019	120
80%-Wert	0.022	0.003	1.4	0.012	0.053	150
Belastung	unbelastet			unbelastet	unbelastet	

Stelle 7, unterhalb Oberdorf						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.7	11.0	8.4	9.5	1.4	1.4
Standardabw.	2.5	0.9	0.2	17.0	0.3	0.3
80%-Wert		10.3		18	1.6	1.5
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.010	0.002	1.8	0.010	0.029	1020
Standardabw.	0.003	0.001	0.7	0.003	0.14	2080
80%-Wert	0.013	0.003	1.6	0.010	0.037	1900
Belastung	unbelastet			unbelastet	unbelastet	

Stelle 6, oberhalb ARA Frenke 2						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	10.0	11.2	8.5	5.1	1.5	1.4
Standardabw.	2.9	1.0	0.3	4.2	0.3	0.3
80%-Wert		10.2		5.8	1.6	1.6
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.010	0.002	1.6	0.012	0.030	203
Standardabw.	0.003	0.001	0.1	0.004	0.007	175
80%-Wert	0.014	0.003	1.7	0.015	0.036	350
Belastung	unbelastet			unbelastet	unbelastet	

Abbildung 7: Resultate der biologischen Untersuchungen

Stelle 6, oberhalb ARA Frenke 2, Niederdorf

Ernährungstyp:	Familie:	Gattung:	Untersuchung vom:			
			März 2000	Juni 2000	Aug. 2000	Nov. 2000
Herbivore (Pflanzenfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Leuctra sp.		•	•	
		Nemoura sp.	•			
		Ecdyonurus sp.	•			•
		Baëtis sp.	●		●	•
	Ephemeroptera (Eintagsfliegenlarven)	Epeorus sp.				
		Ephemerella sp.		●		
		Rithrogena sp.	●			•
		Habroleptoides sp.				
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)		•	•		
	Coleoptera (Käfer)	Helmis sp.	•	•	•	•

Detritivore (Detritusfresser)	Oligochaeta (Würmer)	Tubifex sp.		•	•	•
	Bivalvia (Muscheln)					
	Crustacea (Krebstiere)	Asellus aq.				
		Gammarus sp.	•	●	●	●
	Simuliidae (Kriebelmückenlarven)					
Chironomidae (Zuckmückenlarven)						

Carnivore (Fleischfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Perlodes sp.	•	•	•	•
	Turbellaria (Strudelwürmer)	Planaria gonoceph.				
		Planaria cornuta				
	Hirudinae (Egel)			•		
	Plecoptera (Steinfliegenlarven)					
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)	Rhyacophila sp.				•
		Hydropsyche sp.				•
Diptera (Zweiflüglerlarven)			•	•	•	

Legende:



keine



vereinzelt



häufig



massenhaft

4.2 Vordere Frenke unterhalb der ARA Niederdorf (Stelle 5)

Ökomorphologie

In diesem Streckenabschnitt sind die Ufer beidseitig durch Zementplatten verbaut. Wanderbewegungen der Wassertiere werden durch massive Schwellenbauwerke mit hohen Abstürzen behindert. Die Beschattung durch die Ufervegetation ist nur dürftig (s. Abbildung 8).

Äussere Aspekte

Insbesondere in der wärmeren Jahreszeit können sich Fadengrünalgen massenhaft vermehren: Bei einigen Untersuchungen war die Gewässersohle vollständig mit Algen überwachsen. Auch Entlastungsrückstände treten hier in störendem Ausmass in Erscheinung. Hingegen fanden wir weder Ciliatenbeläge noch heterotrophen Bewuchs; ein Hinweis, dass die ARA Frenke 2 mit dem Abbau der organischen Abwasserinhaltsstoffe gut zurecht kommt (s. Abbildung 9).

Chemische Untersuchungen

Dank der gut funktionierenden Nitrifikation in der ARA gibt es keine Probleme bei den Stickstoffparametern. Bezüglich der Ammonium-Konzentrationen erhält die Vordere Frenke die Note "unbelastet". Auch das fischgiftige Nitrit ist kaum nachweisbar. Die Konzentrationen liegen gut einen Faktor 100 unter dem für Forellen kritischen Wert von ca. 1 mgN/l. Die DOC-Konzentrationen bewegen sich mit 1.8 mg/l im Mittel an der Grenze zwischen "schwacher" und "deutlicher" Belastung. Der 80 %-Wert liegt mit 2.1 mg/l allerdings knapp darüber. Schlechter sieht die Situation trotz funktionierender P-Elimination beim Pflanzennährstoff Phosphat aus: Der Mittelwert der Untersuchungen (0.26 mgP/l) zeigt eine "deutliche" Belastung an, während auf der Basis des 80 %-Werts die Vordere Frenke sogar als "stark" belastet eingestuft werden muss (s. Tabelle 5).

Bakteriologische Untersuchungen

Durch die Einleitung des gereinigten Abwassers steigt die Zahl von E.Coli-Bakterien gegenüber der Stelle oberhalb der ARA Frenke 2 im Mittel um das 2.5-fache an (s. Tabelle 5).

Biologische Untersuchungen

Im Gegensatz zur Stelle oberhalb der ARA treten nun auch die Detritus fressenden Zuck- und Kriebelmückenlarven auf. Auch Egel sind etwas häufiger anzutreffen und machen einen besser genährten Eindruck als oberhalb der ARA. Die grossen Steinfliegenlarven fanden wir hier nicht mehr. Trotz des übermässigen Futterangebotes konnten sich die Pflanzenfresser nicht besser entwickeln (s. Abbildung 10).

Fazit

Unterhalb der ARA Frenke 2 hinterlässt der Bach in jeder Beziehung einen wesentlich schlechteren Eindruck als oberhalb der ARA: Er wird durch die Uferbefestigungen und die massiven Abstürze beeinträchtigt. Die das Ufer verunzierenden Entlastungsrückstände deuten auf häufige Stossbelastungen durch Mischwasserentlastungen hin. Der äussere Aspekt lässt einen starken Eintrag von Nährstoffen vermuten. Dieser Eindruck wird insbesondere beim Phosphor durch die Resultate der chemischen Analysen bestätigt. Das gereinigte Abwasser der ARA hat zudem einen Anstieg der E.Coli-Bakterien in der Vorderen Frenke zur Folge. Auch die Artenzusammensetzung der Makrofauna lässt insgesamt auf eine schlechtere Wasserqualität schliessen.



Abb. 8: Stelle 5, unterhalb
ARA Frenke 2, Niederdorf

Ufer stellenweise mit
Betonplatten verbaut



sehr starkes Algenwachstum
in der Bachsohle



viele Entlastungsrückstände
verunreinigen den Bach

Abbildung 9: Resultate äussere Aspekte

Stelle 5, unterhalb ARA Frenke 2, Niederdorf

Probenahme- datum:	Enkäsungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Clitralbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000	•						●
14.02.2000	•						•
28.02.2000							•
14.03.2000	•						•
04.04.2000							●
02.05.2000							●
30.05.2000	●						●
18.07.2000	•						•
15.08.2000	●						•
19.09.2000	•						●
17.10.2000	●						●
30.11.2000	●						●
19.12.2000	●						●
15.01.2001	•						•


Legende:  keine selten vereinzelt stark

Tabelle 5: Resultate der chemischen Untersuchungen

Stelle 5, unterhalb ARA Frenke 2						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	10.6	11.3	8.5	6.2	1.9	1.8
Standardabw.	3.4	1.0	0.2	4.7	0.2	0.2
80%-Wert		10.3		6.4	2.2	2.1
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.012	0.009	3.1	0.26	0.30	1170
Standardabw.	0.006	0.008	0.9	0.27	0.28	725
80%-Wert	0.02	0.013	4.0	0.48	0.54	2000
Belastung	unbelastet			deutlich	deutlich	

Abbildung 10: Resultate der biologischen Untersuchungen

Stelle 5, unterhalb ARA Frenke 2, Niederdorf

Ernährungstyp:	Familie:	Gattung:	Untersuchung vom:			
			März 2000	Juni 2000	Aug. 2000	Nov. 2000
Herbivore (Pflanzenfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Leuctra sp.	•			
		Nemoura sp.	•			
		Ecdyonurus sp.				
		Baëtis sp.	●		●	•
	Ephemeroptera (Eintagsfliegenlarven)	Epeorus sp.				
		Ephemerella sp.		●	•	
		Rithrogena sp.				
		Habroleptoides sp.				
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)		•			
	Coleoptera (Käfer)	Helmis sp.	●	•	●	●

Detritivore (Detritusfresser)	Oligochaeta (Würmer)	Tubifex sp.		•	•	•
	Bivalvia (Muscheln)					
	Crustacea (Krebstiere)	Asellus aq.				
		Gammarus sp.	•	●	●	●
	Simulidae (Kriebelmückenlarven)			•	●	
	Chironomidae (Zuckmückenlarven)			•		

Carnivore (Fleischfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Perlodes sp.				
	Turbellaria (Strudelwürmer)	Planaria gonoceph.				
		Planaria cornuta				
	Hirudinae (Egel)		●	●	●	●
	Plecoptera (Steinfliegenlarven)					
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)	Rhyacophila sp.			•	•
		Hydropsyche sp.		●	•	●
	Diptera (Zweiflüglerlarven)			•		•

Legende:



keine



vereinzelt



häufig



massenhaft

4.3 Vordere Frenke unterhalb Hölstein (Stelle 4)

Ökomorphologie

Im Gebiet Bärenmatte ist das Gewässer ziemlich naturnah gestaltet. Einzige Einschränkungen sind ein zu schmaler rechter Uferstreifen und einige künstliche Schwellen, die für Kleintiere schwer durchwanderbar sind (s. Abbildung 11).

Äussere Aspekte

Die hohe Phosphatfracht, die aus der ARA Frenke 2 in das Gewässer eingetragen wird, zeigt unterhalb Hölstein immer noch Wirkung: Die Fadengrünalgen vermögen übermässig stark zu wachsen. Im Gebiet Bärenmatte konnten wir bei einigen Untersuchungen vereinzelt Entlastungsrückstände antreffen (s. Abbildung 12).

Chemische Untersuchungen

In diesem Streckenabschnitten deuten die DOC-Werte mit < 2 mg/l auf eine "schwache" organische Belastung hin. Die Stickstoffparameter Ammonium und Nitrit deuten auf "unbelastete" Verhältnisse hin, während die Phosphor-Parameter immer noch eine "deutliche" Belastung anzeigen (s. Tabelle 6).

Bakteriologische Untersuchungen

Durch Selbstreinigungs- und Verdünnungsprozesse nimmt die Anzahl von E.Coli-Bakterien im Streckenabschnitt unterhalb von Hölstein wieder ab und liegt im Mittel bei weniger als 1000 Keime/100 ml (s. Tabelle 6).

Biologische Untersuchungen

In diesem Abschnitt der Vorderen Frenke haben wir keine biologischen Untersuchungen durchgeführt.

Fazit

Die Vordere Frenke befindet sich in diesem Abschnitt in einem relativ naturnahen Zustand. Allerdings behindern einige Querverbauungen die Aufwärtswanderung der Kleintiere. Der äussere Aspekt des Gewässers weist auf häufig auftretende Entlastungsereignisse hin. Die Wasserqualität ist mit Ausnahme der Phosphorparameter in Ordnung. Infolge von Selbstreinigung verbessert sich die Hygiene des Gewässers gegenüber den vorhergehenden Gewässerabschnitten deutlich.

Abb. 11: Stelle 4,
"Bärenmatte" unterhalb
Hölstein



ziemlich naturnaher
Bachabschnitt...



... mit stellenweise
felsigen Strukturen



saubere Steinoberfläche mit
Köcherfliegenlarven

Abbildung 12: Resultate äussere Aspekte

Stelle 4, Bärenmatte unterhalb Hölstein

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Gewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000							•
14.02.2000	•						•
28.02.2000							•
14.03.2000	•						•
04.04.2000							•
02.05.2000							•
30.05.2000	•						•
18.07.2000							•
15.08.2000	•						•
19.09.2000	•						•
17.10.2000							
30.11.2000							•
19.12.2000	•						•
15.01.2001	•						•

Legende:





			
keine	selten	vereinzelt	stark

Tabelle 6: Resultate der chemischen Untersuchungen

Stelle 4, "Bärenmatte" unterhalb Hölstein						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	10.1	11.5	8.7	5.1	1.8	1.8
Standardabw.	3.6	1.4	0.2	4.7	0.2	0.2
80%-Wert		10.0		7.1	2.0	2.0
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.010	0.007	2.6	0.14	0.17	570
Standardabw.	0.005	0.005	0.5	0.11	0.11	590
80%-Wert	0.012	0.012	3.0	0.24	0.27	1600
Belastung	unbelastet			deutlich	schwach	

4.4 Hintere Frenke oberhalb ARA Reigoldswil (Stellen 12 und 11)

Ökomorphologie

Oberhalb von Reigoldswil im Gebiet "Chilchli" präsentiert sich die Hintere Frenke mehrheitlich als naturnahes Waldbächlein. Einzig das Ufer ist in einigen Abschnitten zu schmal.

Im Bereich oberhalb der ARA Frenke 1 sind die Ufer teilweise durch Steinkörbe verbaut. Linksseitig ist der Uferstreifen zu schmal, sodass das Gewässer zeitweise landwirtschaftlichen Einflüssen ausgesetzt ist (s. Abbildungen 13-14).

Äussere Aspekte

Der äussere Aspekt gibt oberhalb von Reigoldswil keinen Anlass zu Beanstandungen. Dasselbe gilt weitgehend auch für die Stelle bei der ARA Frenke 1. Hier kann einzig ein etwas stärkeres Grünalgenwachstum festgestellt werden (s. Abbildung 15).

Chemische Untersuchungen

Bei sämtlichen Untersuchungen konnten wir keine Beeinträchtigungen der Wasserqualität feststellen. Alle Parameter attestieren dem Bach "unbelastete" Verhältnisse (s. Tabelle 7).

Bakteriologische Untersuchungen

Auch die Anzahl der E.Coli-Bakterien belegt, dass der Bach oberhalb der ARA Frenke 1 kaum bzw. nur geringfügig belastet ist (s. Tabelle 7).

Biologische Untersuchungen

Die Artenzusammensetzung der Gewässerorganismen spricht ebenfalls für nährstoffarmes Bachwasser. Die grossen Steinfliegenlarven konnten wir hier regelmässig auffinden, während die Detritus fressenden Organismen kaum in Erscheinung traten. Auch die Egel, welche in belasteten Bachabschnitten häufig sind, konnten wir hier nicht finden (s. Abbildung 16).

Fazit

Oberhalb der ARA Reigoldswil darf die Hintere Frenke in fast jeder Beziehung als unbelastet bis schwach belastet bezeichnet werden. Einzig die ökomorphologische Gestaltung des Baches lässt zu wünschen übrig.

Abb. 13: Stelle 12,
"Chilchli" oberhalb
Reigoldswil



naturnahes Waldbächlein...



... mit stellenweise
starker Strömung



Steinfliegenlarve
Perlodes sp.



Abb. 14: Stelle 11,
oberhalb ARA Frenke 1,
Reigoldswil

Das Bachufer ist stellenweise
mit Steinkörben verbaut und
zu schmal



saubere Steinoberfläche mit
Eintagsfliegenlarve
Ecdyonurus sp.



Steinfliegenlarve
Perlodes sp.

Abbildung 15: Resultate äussere Aspekte

Stelle 12, "Chilchli" oberhalb Reigoldswil

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000							
14.02.2000							
28.02.2000							
14.03.2000							
04.04.2000							
02.05.2000							
30.05.2000							
18.07.2000						•	
15.08.2000							
19.09.2000							
17.10.2000							
30.11.2000							
19.12.2000							
15.01.2001							

Stelle 11, oberhalb ARA Frenke 1, Reigoldswil

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000							
14.02.2000							
28.02.2000							
14.03.2000							
04.04.2000							
02.05.2000							•
30.05.2000							•
18.07.2000				•			
15.08.2000							•
19.09.2000	•						•
17.10.2000							•
30.11.2000							
19.12.2000							•
15.01.2001							

Legende:





			
keine	selten	vereinzelt	stark

Tabelle 7: Resultate der chemischen Untersuchungen

Stelle 12, "Chilchli" oberhalb Reigoldswil						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	8.9	11.2	8.6	1.5	1.4	1.3
Standardabw.	2.6	0.9	0.2	1.2	0.2	0.2
80%-Wert		10.2		2.0	1.6	1.6
Belastung						unbelastet
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.006	0.001	1.3	0.006	0.014	13
Standardabw.	0.001	0.001	0.01	0.001	0.003	28
80%-Wert	0.007	0.001	1.4	0.007	0.015	10
Belastung	unbelastet			unbelastet	unbelastet	

Stelle 11, oberhalb ARA Frenke 1						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.3	11.5	8.5	3.4	1.4	1.3
Standardabw.	2.8	0.8	0.2	1.6	0.2	0.2
80%-Wert		10.5		4.2	1.5	1.5
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.008	0.002	1.5	0.011	0.047	135
Standardabw.	0.003	0.001	0.1	0.004	0.024	111
80%-Wert	0.009	0.002	1.6	0.015	0.06	245
Belastung	unbelastet			unbelastet	unbelastet	

Abbildung 16: Resultate der biologischen Untersuchungen

Stelle 11, oberhalb ARA Frenke 1, Reigoldswil

Ernährungstyp:	Familie:	Gattung:	Untersuchung vom:			
			März 2000	Juni 2000	Aug. 2000	Nov. 2000
Herbivore (Pflanzenfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Leuctra sp.	•			
		Nemoura sp.	•			
		Ecdyonurus sp.	•	•		
		Baëtis sp.	●	●	•	•
	Ephemeroptera (Eintagsfliegenlarven)	Epeorus sp.				
		Ephemerella sp.		•		
		Rithrogena sp.	●	•		
		Habroleptoides sp.				
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)		•	•		
	Coleoptera (Käfer)	Helmis sp.	•	•	●	•

Detritivore (Detritusfresser)	Oligochaeta (Würmer)	Tubifex sp.	•			
	Bivalvia (Muscheln)					
	Crustacea (Krebstiere)	Asellus aq.				
		Gammarus sp.	•	●	●	•
	Simuliidae (Kriebelmückenlarven)					
Chironomidae (Zuckmückenlarven)					•	

Carnivore (Fleischfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Perlodes sp.	•	•	•	•
	Turbellaria (Strudelwürmer)	Planaria gonoceph.				
		Planaria cornuta				
	Hirudinae (Egel)					
	Plecoptera (Steinfliegenlarven)					
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)	Rhyacophila sp.			•	
		Hydropsyche sp.		•		•
Diptera (Zweiflüglerlarven)			•	•	•	

Legende:



keine



vereinzelt



häufig



massenhaft

4.5 Hintere Frenke zwischen ARA Reigoldswil und Bubendorf (Stellen 10 und 9)

Ökomorphologie

Unterhalb der ARA Frenke 1 präsentiert sich die Hintere Frenke als ziemlich naturnaher Bach. Stellenweise sind die Uferstreifen etwas zu schmal. Störend sind einige künstliche Schwellen.

Im Gebiet "Beuggen" bei Bubendorf ist der Uferstreifen linksseitig zu schmal, sodass das Gewässer zeitweise landwirtschaftlichen Einflüssen ausgesetzt ist. Bachsohle und rechtes Ufer sind naturnah (s. Abbildungen 17-18).

Äussere Aspekte

Vor allem in den Wintermonaten ist etwas heterotropher Bewuchs an der Unterseite von Steinen erkennbar. Wir führen dies auf die Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Reigoldswil zurück. Auch Grünalgen profitieren vom Nährstoffeintrag und treten etwas stärker in Erscheinung als oberhalb der ARA. Bisweilen sind auch Entlastungsrückstände anzutreffen.

An der Untersuchungsstelle "Beuggen" oberhalb von Bubendorf traten lediglich die Grünalgen etwas stärker in Erscheinung. Das verstärkte Grünalgenwachstum dürfte auf die nur lückenhafte Beschattung des Baches zurückzuführen sein (s. Abbildung 19).

Chemische Untersuchungen

Auf Grund der chemischen Untersuchungen stufen wir die Hintere Frenke zwischen der ARA Frenke 1 und Bubendorf (Gebiet "Beuggen") als "schwach" belastet bis "unbelastet" ein (s. Tabelle 8).

Bakteriologische Untersuchungen

Durch die Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Frenke 1 nehmen die E.Coli-Bakterien um rund das 30-fache zu. Mit 4900 Keimen pro 100 ml ermittelten wir unterhalb der ARA Frenke 1 den höchsten Mittelwert von sämtlichen, im Rahmen dieser Untersuchung beprobten Stellen.

Durch Verdünnung und Selbstreinigungsprozesse im Gewässer nehmen die Keimzahlen bis ins Gebiet "Beuggen" wieder deutlich ab. Mit einem Mittelwert von rund 800 Keime pro 100 ml sind sie für "Frenken-Verhältnisse" aber immer noch recht hoch. (s. Tabelle 9).

Biologische Untersuchungen

Unterhalb der ARA Reigoldswil sind die grossen Steinfliegenlarven verschwunden. Dafür fanden wir deutlich mehr Egel. Wir führen diese Veränderung auf die Einleitung des gereinigten Abwassers zurück. Bei den übrigen Tiergruppen stellten wir keine signifikanten Unterschiede fest (s. Abbildung 20).

Fazit

An den beiden Untersuchungsstellen zeigt sich der Bach grösstenteils naturnah. Einige Abstriche sind bei den teilweise zu schmalen Uferstreifen und einigen künstlichen Schwellen zu machen. Der äussere Aspekt zeigt an, dass bisweilen nicht oder nur ungenügend gereinigtes Abwasser ins Gewässer gelangt. In chemischer Hinsicht lässt sich dieser Befund jedoch nicht ohne weiteres bestätigen: Die Wasserqualität ist, gemessen an den von uns untersuchten Parametern, zumindest bei Trockenwetter in Ordnung. Die Zahl der E.Coli-Bakterien weist hingegen wiederum deutlich auf den Einfluss der ARA Reigoldswil hin. Auch die Veränderungen bei der Makrofauna bestätigen den Eindruck, welcher die Hintere Frenke anhand des äusseren Aspekts hinterlässt.



Abb. 17: Stelle 10,
unterhalb ARA Frenke 1,
Reigoldswil

naturnaher Bach



Steinoberfläche mit
Puppengehäusen von
Köcherfliegenlarven



Steinoberfläche mit Egel (1)
und Köcherfliegenlarve
Rhyacophila sp. (2) und
Puppengehäuse (3)



Abb. 18: Stelle 9,
"Beuggen", oberhalb
Bubendorf

naturnahes Gewässer, das
linke Ufer ist aber zu schmal



Steinoberfläche mit
Kriebelmückenlarven



Steinoberfläche mit
Eintagsfliegenlarve
Baetis sp.

Abbildung 19: Resultate äussere Aspekte

Stelle 10, unterhalb ARA Frenke 1, Reigoldswil

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000				●			•
14.02.2000	•						
28.02.2000	•			•			•
14.03.2000				●	•		•
04.04.2000				•			●
02.05.2000							•
30.05.2000	•						•
18.07.2000							•
15.08.2000	•						•
19.09.2000							•
17.10.2000				•			•
30.11.2000	•			•			
19.12.2000	•			•			•
15.01.2001	•						•

Stelle 9, unterhalb Ziefen

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000				•			
14.02.2000							
28.02.2000							•
14.03.2000							
04.04.2000				•			•
02.05.2000	•						●
30.05.2000							●
18.07.2000							
15.08.2000							•
19.09.2000							●
17.10.2000							•
30.11.2000							•
19.12.2000							
15.01.2001							

Legende:

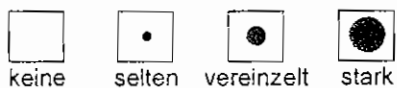


Tabelle 8: Resultate der chemischen Untersuchung

Stelle 10, unterhalb ARA Frenke 1						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.4	11.2	8.5	4.9	1.6	1.6
Standardabw.	2.9	0.9	0.2	1.7	0.2	0.2
80%-Wert		10.1		6.6	1.8	1.7
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.051	0.012	2.1	0.028	0.060	4870
Standardabw.	0.043	0.006	0.5	0.008	0.012	8200
80%-Wert	0.110	0.018	2.6	0.036	0.075	6600
Belastung	schwach			unbelastet	schwach	

Stelle 9, "Beuggen" oberhalb Bubendorf						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.4	11.4	8.5	4.7	1.6	1.5
Standardabw.	3.1	0.9	0.3	3.9	0.2	0.2
80%-Wert		10.2		5.8	1.8	1.6
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.015	0.006	1.9	0.019	0.044	830
Standardabw.	0.009	0.007	0.3	0.005	0.011	630
80%-Wert	0.021	0.006	2.1	0.024	0.056	1700
Belastung	unbelastet			unbelastet	unbelastet	

4.6 Vereinigte Frenke oberhalb ARA Bubendorf (Stelle 3)

Ökomorphologie

Oberhalb der ARA Frenke 3 ist das Ufer beidseitig mittels Blockwurf befestigt. Zudem hat es mehrere künstliche Abstürze (s. Abbildung 21).

Äussere Aspekte

Die auf der Bachsohle und am Ufer in sehr störendem Ausmass in Erscheinung tretenden Entlastungsrückstände (s. Abbildung 22) weisen auf häufig auftretende Entlastungsereignisse hin. Die Fadengrünalgen vermögen übermässig stark zu wachsen, insbesondere dort, wo eine gute Beschattung des Bachbetts fehlt. Dies ist möglicherweise immer noch auf die hohe Phosphat-Fracht, welche aus der ARA Frenke 2 in das Gewässer eingetragen wird, zurückzuführen.

Chemische Untersuchungen

In diesem Streckenabschnitt deuten die DOC-Werte mit < 2 mg/l auf eine "schwache" organische Belastung hin. Die Stickstoffparameter Ammonium und Nitrit sprechen für "unbelastete" Verhältnisse, während die Phosphor-Parameter immer noch eine "deutliche" Belastung anzeigen (s. Tabelle 9).

Bakteriologische Untersuchungen

Durch Selbstreinigungs- und Verdünnungsprozesse nimmt die Anzahl von E.Coli-Bakterien bis zur ARA Frenke 3 im Mittel wieder auf knapp 500 Keime/100 ml ab (s. Tabelle 9).

Biologische Untersuchungen

Die Artenzusammensetzung der Gewässerfauna oberhalb der ARA Frenke 3 deutet auf eher nährstoffarme Verhältnisse hin. Die verschiedenen Ernährungstypen zeigen sich zahlenmässig in einem ausgeglichenen Verhältnis. Unter den Detritivoren erreicht nur der Bachflohkrebs hohe Besiedlungsdichten. Die grossen Steinfliegenlarven begegneten uns leider, trotz der verhältnismässig guten Wasserqualität, nicht mehr (s. Abbildung 23).

Fazit

Teilweise vorhandene Verbauungen mittels Blockwurf führen in diesem Abschnitt zu einer leichten Kanalisierung der Vereinigten Frenke. Bezüglich des äusseren Aspekts treten vor allem die vielen Entlastungsrückstände in Erscheinung. Die Wasserqualität ist weitgehend in Ordnung. Lediglich die Phosphorparameter bilden eine Ausnahme. Auch bezüglich Hygiene ist das Gewässer in diesen Abschnitten in einem mehr oder weniger vernünftigen Zustand. Die Artenzusammensetzung der Gewässerfauna deutet auf eher nährstoffarme Verhältnisse hin.



Abb. 21: Stelle 3, oberhalb
ARA Frenke 3, Bubendorf

das Ufer ist grösstenteils
mit Blockwurf verbaut.
Links im Bild der Auslauf der
ARA Frenke 3



Entlastungsrückstände
verunzieren...



... in grossem Ausmass
den Bach

Abbildung 22: Resultate äussere Aspekte

Stelle 3, oberhalb ARA Frenke 3, Bubendorf

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000	•						•
14.02.2000	●						•
28.02.2000	●						•
14.03.2000	•						•
04.04.2000							•
02.05.2000	●						●
30.05.2000	●						●
18.07.2000	•						•
15.08.2000	●						•
19.09.2000	●						●
17.10.2000	●						•
30.11.2000	●						
19.12.2000	●						●
15.01.2001	●						•

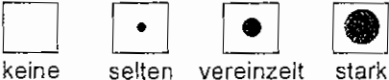
Legende:  keine selten vereinzelt stark

Tabelle 9: Resultate der chemischen Untersuchungen

Stelle 3, oberhalb ARA Frenke 3, Bubendorf						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.4	11.6	8.5	3.7	1.7	1.7
Standardabw.	3.5	1.1	0.2	3.6	0.3	0.2
80%-Wert		10.3		5.2	2.0	1.9
Belastung						schwach
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.009	0.004	2.4	0.063	0.090	490
Standardabw.	0.004	0.003	0.3	0.047	0.046	510
80%-Wert	0.014	0.007	2.7	0.11	0.16	610
Belastung	unbelastet			schwach	schwach	

Abbildung 23: Resultate der biologischen Untersuchungen

Stelle 3, oberhalb ARA Frenke 3, Bubendorf

Ernährungstyp:	Familie:	Gattung:	Untersuchung vom:			
			März 2000	Juni 2000	Aug. 2000	Nov. 2000
Herbivore (Pflanzenfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Leuctra sp.			•	
		Nemoura sp.				
		Ecdyonurus sp.				•
	Ephemeroptera (Eintagsfliegenlarven)	Baëtis sp.	•	•	•	•
		Epeorus sp.				
		Ephemerella sp.		•	•	
		Rithrogena sp.	•			•
		Habroleptoides sp.				
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)		•	•		•
Coleoptera (Käfer)	Helmis sp.	•	•	•	•	

Detritivore (Detritusfresser)	Oligochaeta (Würmer)	Tubifex sp.	•	•		
	Bivalvia (Muscheln)					
	Crustacea (Krebstiere)	Asellus aq.				
		Gammarus sp.	•	•	•	•
	Simuliidae (Kriebelmückenlarven)					•
Chironomidae (Zuckmückenlarven)			•	•		

Carnivore (Fleischfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Perlodes sp.				
	Turbellaria (Strudelwürmer)	Planaria gonoceph.			•	
		Planaria cornuta				
	Hirudinae (Egel)				•	
	Plecoptera (Steinfliegenlarven)					
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)	Rhyacophila sp.	•	•	•	
		Hydropsyche sp.	•	•	•	•
Diptera (Zweiflüglerlarven)		•	•	•		

Legende:

keine



vereinzelt



häufig



massenhaft

4.7 Vereinigte Frenke zwischen ARA Bubendorf und Mündung in die Ergolz (Stellen 2, 1)

Ökomorphologie

An diesen beiden Stellen ist das Bild des Baches durch Uferbefestigungen geprägt, nämlich Blockwurf unterhalb der ARA und Steinkörbe im Mündungsbereich. Wanderungen von Gewässerorganismen werden auch hier durch Schwellen behindert. Die Uferstreifen sind durchgehend zu schmal (s. Abbildungen 24-25).

Äussere Aspekte

Die Spuren der Mischwasserentlastungen (Entlastungsrückstände) treten unterhalb der ARA penetrant in Erscheinung. Dasselbe gilt für die Fadenalgen, welche von einem üppigen Nährstoffangebot profitieren und sich ungehindert ausbreiten können. Die lückenhafte Beschattung des Gewässers fördert das Algenwachstum zusätzlich. Schaumkrönchen und bisweilen auch der Abwassergeruch unterhalb des ARA-Auslaufs sind ein Hinweis darauf, dass die ARA nicht alle Stoffe, die ihr übergeben werden, vollständig abbauen kann (s. Abbildung 26).

Im Mündungsbereich stellten wir ebenfalls regelmässig Entlastungsrückstände fest, wenn auch in viel geringerem Ausmass. Die sehr gute Beschattung verhindert hier ein starkes Algenwachstum.

Chemische Untersuchungen

Mit DOC-Konzentrationen von mehr als 2.0 mg/l muss die diesbezügliche Belastung der Vereinigten Frenke als "deutlich" bezeichnet werden. Hingegen deuten die Stickstoffparameter auf "unbelastete" Verhältnisse hin. Dies weist auf eine gut funktionierende Nitrifikation in der ARA hin. Demgegenüber zeigen die Phosphor-Parameter eine "schwache" bis "deutliche" Belastung an (s. Tabelle 10).

Bakteriologische Untersuchungen

Die Elimination von E.Coli-Bakterien in der ARA Frenke 3 scheint gut zu funktionieren. Die Keimzahlen werden durch das gereinigte Abwasser nicht übermässig erhöht und bleiben im Mittel unter 1000 Keimen pro 100 ml (s. Tabelle 10).

Biologische Untersuchungen

Die Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Frenke 3 bewirkte eine Änderung der Artenzusammensetzung der Gewässerfauna: Die Eintagsfliegenart *Rithrogena* sp. konnten wir unterhalb der ARA nicht mehr finden. *Baetis* sp. zeigte sich hingegen von Abwassereinflüssen wenig beeindruckt. *Ephemerella* sp. und Köcherfliegenlarven waren weniger häufig vorhanden. Erwartungsgemäss entdeckten wir dafür die Egel etwas häufiger (s. Abbildung 27).

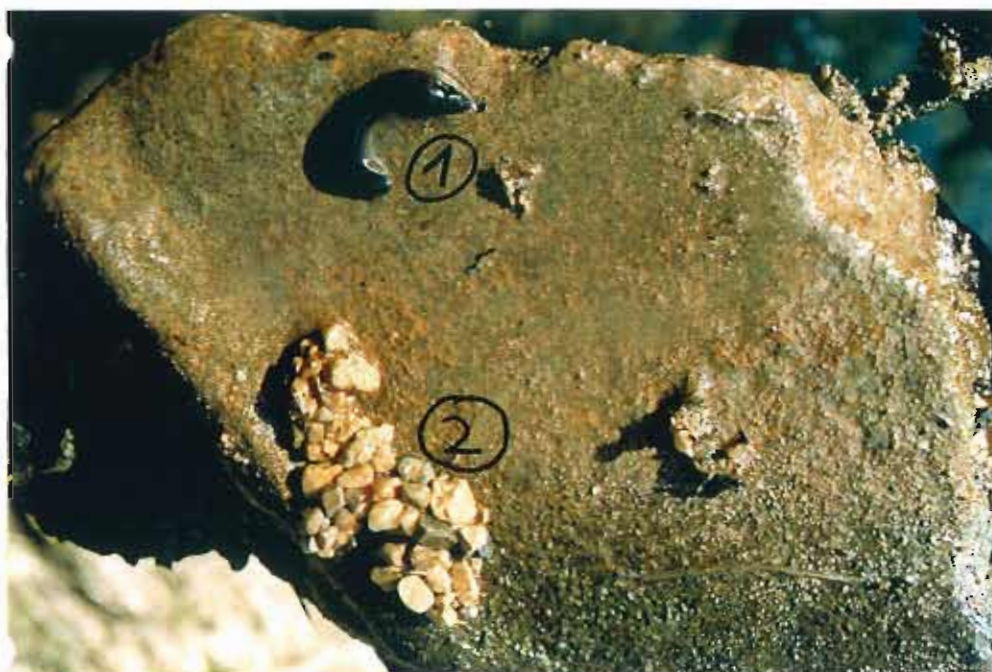
Fazit

Verbaute und zu schmale Ufer sowie künstliche Schwellen prägen den Bach in ökomorphologischer Hinsicht. Die vielen Entlastungsrückstände beeinträchtigen das Erscheinungsbild des Gewässers und weisen auf eine mangelhafte Mischwasserbehandlung hin. Die Wasserqualität leidet unter dem gereinigten Abwasser der ARA Frenke 3; dies zeigt sich insbesondere beim DOC-Gehalt und der Phosphat-Belastung, welche ein starkes Algenwachstum begünstigt. Auch die Keimzahlen steigen im Einflussbereich der ARA etwas an, jedoch nicht in allzu grossem Ausmass. Die Veränderung in der Artenzusammensetzung unterhalb des ARA-Auslaufs weist ebenfalls auf die Einflüsse des gereinigten Abwassers hin.

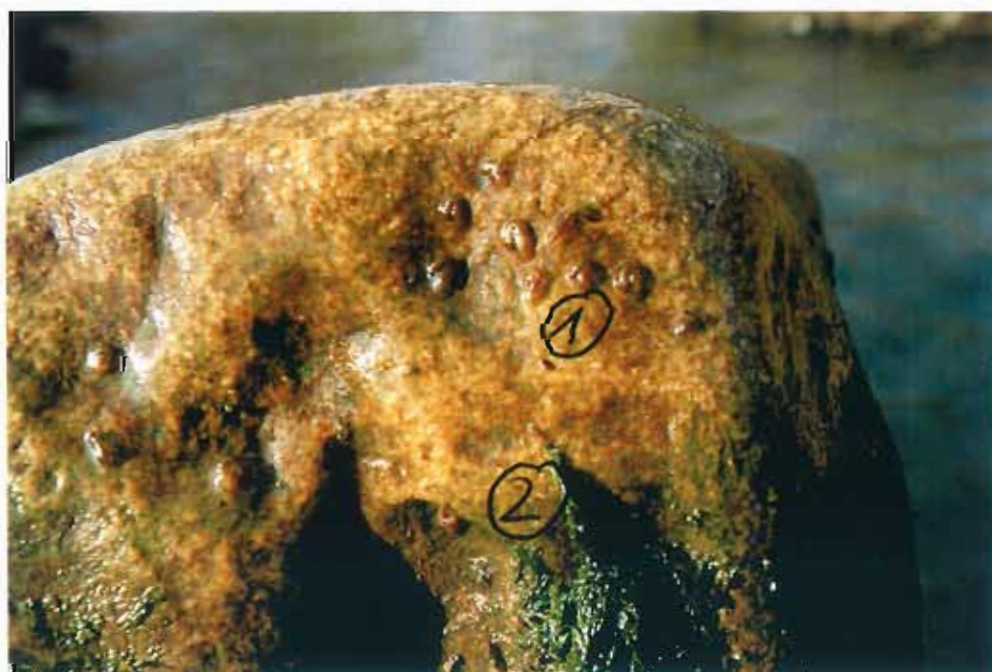


Abb. 24: Stelle 2, unterhalb
ARA Frenke 3, Bubendorf

Das Gewässer ist zum
grossen Teil naturnah,
stellenweise hat es aber
Blockwurfverbauungen



Steinoberfläche mit gut
genährtem Egel (1) und
Puppengehäuse von
Köcherfliegenlarven (2)



Steinoberfläche mit
Kriebelmückenlarven (1) und
Grünalgenaufwuchs (2)



Abb. 25: Stelle 1, vor Mündung in die Ergolz, Liestal

Der Bach weist fast durchwegs...



... verbaute Ufer auf (Blockwurf und Betonplatten)







saubere Steinoberfläche mit Egel (1), Rhyacophilalarve (2) und Puppengehäuse von Köcherfliegenlarven (3)

Abbildung 26: Resultate äussere Aspekte

Stelle 2, unterhalb ARA Frenke 3, Bubendorf

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000	●						•
14.02.2000	●						•
28.02.2000	●						●
14.03.2000	•						•
04.04.2000	•	•					●
02.05.2000	●						●
30.05.2000	●						●
18.07.2000	●			•			•
15.08.2000	●						●
19.09.2000	●						●
17.10.2000	●						•
30.11.2000	•	•					•
19.12.2000	●	•					●
15.01.2001	●						•

Legende:

			
keine	selten	vereinzelt	stark

Stelle 1, vor Mündung in die Ergolz

Probenahme- datum:	Entlastungsrückstände	Schaum	Schlamm	Heterotropher Bewuchs	Ciliatenbeläge	Eisensulfid-Flecken	Grünalgen
18.01.2000	•						
14.02.2000	•						
28.02.2000	•						
14.03.2000	•						
04.04.2000	•						
02.05.2000	•						
30.05.2000	•						
18.07.2000	•						
15.08.2000	●						•
19.09.2000	•	•					•
17.10.2000	•						
30.11.2000	•						
19.12.2000	•						
15.01.2001	•						

Tabelle 10: Resultate der chemischen Untersuchungen

Stelle 2, unterhalb ARA Frenke 3, Bubendorf						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.7	11.5	8.5	4.9	2.3	2.3
Standardabw.	3.7	1.2	0.2	4.5	0.6	0.6
80%-Wert		9.9		6.0	2.8	2.8
Belastung						deutlich
	NH₄-N (mg/l)	NO₂-N (mg/l)	NO₃-N (mg/l)	PO₄-P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.023	0.013	3.2	0.064	0.099	900
Standardabw.	0.017	0.015	1.1	0.046	0.053	670
80%-Wert	0.048	0.020	4.0	0.11	0.17	2200
Belastung	unbelastet			deutlich	schwach	

Stelle 1, vor Mündung in die Ergolz						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	9.5	11.7	8.5	4.5	2.1	2.0
Standardabw.	3.7	1.4	0.2	4.1	0.4	0.4
80%-Wert		10.0		7.0	2.4	2.3
Belastung						deutlich
	NH₄-N (mg/l)	NO₂-N (mg/l)	NO₃-N (mg/l)	PO₄-P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.019	0.009	2.8	0.060	0.089	582
Standardabw.	0.016	0.008	0.6	0.048	0.049	393
80%-Wert	0.034	0.015	3.2	0.11	0.14	1100
Belastung	unbelastet			deutlich	schwach	

Abbildung 27: Resultate der biologischen Untersuchungen

Stelle 2, unterhalb ARA Frenke 3, Bubendorf

Ernährungstyp:	Familie:	Gattung:	Untersuchung vom:			
			März 2000	Juni 2000	Aug. 2000	Nov. 2000
Herbivore (Pflanzenfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Leuctra sp.			●	
		Nemoura sp.				
		Ecdyonurus sp.	•			
		Baëtis sp.	●	•	●	•
	Ephemeroptera (Eintagsfliegenlarven)	Epeorus sp.				
		Ephemerella sp.		•		
		Rithrogena sp.				
		Habroleptoides sp.				
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)				•	
	Coleoptera (Käfer)	Helmis sp.	•	•	•	•

Detritivore (Detritusfresser)	Oligochaeta (Würmer)	Tubifex sp.		•	•	
	Bivalvia (Muscheln)					
	Crustacea (Krebstiere)	Asellus aq.				
		Gammarus sp.	•	•	•	●
	Simuliidae (Kriebelmückenlarven)			●	•	
Chironomidae (Zuckmückenlarven)						

Carnivore (Fleischfresser)	Plecoptera (Steinfliegenlarven)	Perlodes sp.				
	Turbellaria (Strudelwürmer)	Planaria gonoceph.				
		Planaria cornuta				
	Hirudinae (Egel)		•	•	•	•
	Plecoptera (Steinfliegenlarven)					
	Trichoptera (Köcherfliegenlarven)	Rhyacophila sp.			•	
		Hydropsyche sp.	•	•		•
Diptera (Zweiflüglerlarven)				•	•	

Legende:



keine



vereinzelt



häufig



massenhaft

4.8 Einfluss der Abwasserreinigungsanlagen

ARA Frenke 1, Reigoldswil

Bezüglich der ungelösten Stoffe funktionierte die ARA mehr schlecht als recht: Der Mittelwert unserer Momentanproben lag bei 16.2 mg/l. Der 80 %-Wert überschritt mit 25 mg/l den Grenzwert von 20 mg/l gemäss GSchV, Anhang 3.1 aber deutlich. Im Nahbereich des ARA-Auslaufs sind auf der Gewässersohle denn auch Belebtschlammdepots festzustellen.

Die DOC-Werte lagen mit 6.5 mg/l im Mittel, resp. 10 mg/l als 80 %-Wert gerade beim Grenzwert gemäss GSchV (10 mg/l). Der an den Steinen festgestellte heterotrophe Bewuchs weist darauf hin, dass teilweise auch gut abbaubare organische Verbindungen in das Gewässer gelangen.

Die Anlage nitrifizierte erst ab der Untersuchung vom 4. April 2000 zufriedenstellend. Interessanterweise vermochte sie aber dann bei der Dezember-Untersuchung 2000 und der Januar-Untersuchung 2001 trotz ebenfalls tiefer Aussentemperaturen vollständig zu nitrifizieren. Die Nitritemission der ARA stellt für den Bach kein Problem dar.

Die Phosphat-Konzentrationen lagen bei allen Probenahmen unter 1 mg P/l, im Mittel bei 0.28 mg/l. Beim Gesamtphosphor wurde nur einmal ein Wert von etwas mehr als 1 mg P/l gemessen; im Mittel betrug der Gesamtphosphor-Gehalt 0.57 mg/l.

Analog zu den ungelösten Stoffen schneidet die Anlage auch bezüglich der Keimzahlen nicht besonders gut ab. Mit einem Mittelwert von fast 70 000 E.Coli-Bakterien pro 100 ml gibt sie im Vergleich zu den beiden anderen Frenken-Anlagen rund die zehnfache Menge ab (s. Tab. 11).

ARA Frenke 2, Niederdorf

Keine Probleme bekundet die ARA bei der Elimination der Schwebstoffe (4.8 mg/l im Mittel) und beim Abbau bei der organischen Kohlenstoffverbindungen (4.3 mg/l DOC im Mittel). Auch die Nitrifikation funktioniert das ganze Jahr über. Ebenso werden die E.Coli-Keime recht wirkungsvoll vom Gewässer ferngehalten.

Anders sieht die Situation bei der Phosphorelimination aus: Trotz einer funktionierenden P-Fällung wird die aus einem Gewerbebetrieb in Waldenburg stammende grosse P-Fracht nur teilweise in der Anlage zurückgehalten. Im Mittel gelangen 1.7 mgP/l aus der ARA ins Gewässer (s. Tab. 12).

ARA Frenke 3, Bubendorf

Bezüglich gesamter ungelöster Stoffe vermittelt die ARA Frenke 3 einen guten Eindruck: Bei allen Probenahmen lagen die Werte unterhalb von 10 mg/l. Die mittlere Ablauf-Konzentration belief sich bei unseren Momentanproben auf 5.4 mg/l.

Der Abbau von organisch gebundenem Kohlenstoff funktioniert ebenfalls vernünftig: In der Regel lagen die DOC-Konzentrationen immer deutlich unter 10 mg/l. Dennoch sind die Auswirkungen des gereinigten Abwassers in der Frenke nicht zu übersehen.

Bei den Stickstoff-Parametern ergibt sich ebenfalls ein gutes Bild. Die Anlage nitrifiziert vollständig. Im Mittel registrierten wir im ARA-Ablauf 0.26 mg Ammonium-Stickstoff pro Liter. Der Maximalwert lag bei 1.1 mg N/l. Die Konzentration des Nitrit-Stickstoffs lag im Mittel bei weniger als 0.1 mg N/l.

Auch die Phosphor-Konzentrationen im ARA-Ablauf stellen kein Problem dar. Im Mittel entliess die ARA 0.064 mg Phosphatphosphor pro Liter resp. 0.2 mg Gesamtphosphor pro Liter in die Vereinigte Frenke.

Die mittlere Menge der E.Coli-Bakterien im ARA-Auslauf lag im Rahmen unserer Untersuchung bei 7400 Keimen/100 ml. Dies liegt unseres Erachtens für ARA Ausläufe in einer vernünftigen Größenordnung (s. Tab. 13).

Tabelle 11: chemische Untersuchung des Ablaufs der ARA Frenke 1

Ablauf ARA Frenke 1						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	11.8	4.9	7.6	16.2	7.8	6.5
Standardabw.	3.5	1.1	0.2	12.2	5.3	3.8
80%-Wert		4.2		25.0	10.6	10.1
GSchV				20		10
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	1.08	0.23	11.0	0.28	0.57	68700
Standardabw.	1.07	0.15	4.3	0.130	0.26	84400
80%-Wert	2.30	0.36	15.7	0.43	0.87	220000
GSchV erfüllt?	2	0.3			0.8	

Tabelle 12: chemische Untersuchung des Ablaufs der ARA Frenke 2

Ablauf ARA Frenke 2						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	12.9	6.8	7.6	4.8	4.8	4.3
Standardabw.	3.3	1	0.2	1.9	0.8	0.7
80%-Wert		6.1		6.6	5.5	5.1
GSchV				20		10
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.062	0.059	13.6	1.69	1.93	7450
Standardabw.	0.074	0.058	3.7	1.25	1.24	7180
80%-Wert	0.066	0.078	16.0	2.40	2.80	15000
GSchV	2	0.3			0.8	

Tabelle 13: chemische Untersuchung des Ablaufs der ARA Frenke 3

Ablauf ARA Frenke 3						
	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	GuS (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)
Mittelwert	13.1	7.6	7.6	5.4	7.8	7.5
Standardabw.	3.6	0.5	0.2	1.7	5.2	5.2
80%-Wert		7.1		7.0	8.3	7.8
GSchV				15		10
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Ges-P (mg/l)	E. Coli (K/100ml)
Mittelwert	0.26	0.080	10	0.064	0.20	7360
Standardabw.	0.340	0.060	4.7	0.055	0.080	6450
80%-Wert	0.630	0.13	13.4	0.15	0.28	17000
GSchV	2	0.3			0.8	

4.9 Beurteilung im Längsverlauf

Ökomorphologie

Die Ökomorphologie der Frenken haben wir im Jahre 1999 im Rahmen einer Praktikumsarbeit⁵ erhoben. In Abbildung 28 ist die im Rahmen dieses Berichts erarbeitete Gesamtbeurteilung dargestellt. Dabei zeigt sich ein unerfreuliches Bild. Von den rund 32 km Gesamtlängsstrecke der Frenken konnten nur 3.3 km (10 %) als "naturnah" bezeichnet werden. 8.2 km (26 %) stuften wir als "wenig beeinträchtigt" ein. Als "stark beeinträchtigt" mussten wir 11.2 km (35 %) und als "künstlich" 9.2 km (29 %) bezeichnen.

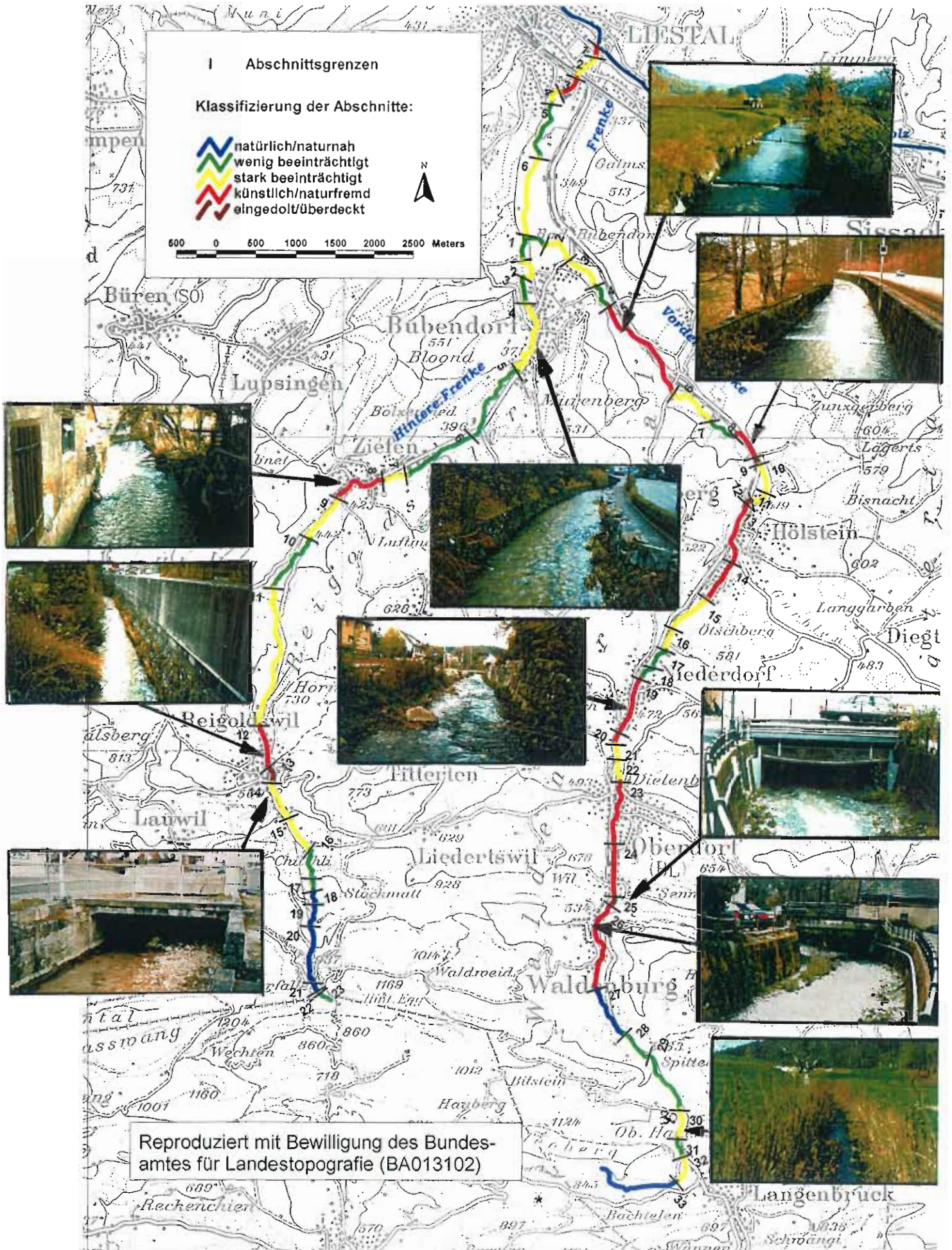
Auch wenn immer wieder stellenweise Renaturierungen vorgenommen werden, besteht in diesem Bereich ein riesiger Handlungsbedarf und zugleich ein entsprechend grosses Verbesserungspotenzial.

Speziell die Vordere Frenke leidet heute noch massiv unter den Ufer- und zum Teil auch Sohlenverbauungen aus Beton, die nach dem grossen Hochwasser von 1926 erstellt wurden. Aber auch ausserhalb der Siedlungsgebiete, wo die unmittelbare Gefährdung von Menschen durch Hochwasser weniger gross ist, beeinträchtigen sehr häufig Verbauungen des Böschungsfusses die Qualität des Lebensraums Bach. Flache Ufer und Bereiche mit geringer Wassertiefe und schwacher Strömung fehlen meist. Gerade solche Gegebenheiten sind jedoch notwendig, beispielsweise für die Naturverlaichung von Forellen oder für Insekten, welche als Larven im Wasser leben und im Verlaufe ihrer Entwicklung den Bach verlassen, um sich als erwachsenes Insekt fortpflanzen zu können.

Für die Gewässerorganismen und Kleinfische ein grosses Problem sind die vielen künstlichen Aufwanderungshindernisse in Form von Schwellen und Abstürzen. Sehr oft sind auch die kleinen Seitengewässer durch Eindolungen und Abstürze im Mündungsbereich vom Hauptgewässer ökologisch abgekoppelt. Auch die Frenke selbst ist mit der Ergolz nicht vernetzt: ein mehrere Meter hoher künstlicher Absturz verhindert das Einwandern von Tieren in das Gewässersystem der Frenken. In Abbildung 29 sind einige der in den Frenken vorhandenen Durchgängigkeits-Störungen dargestellt.

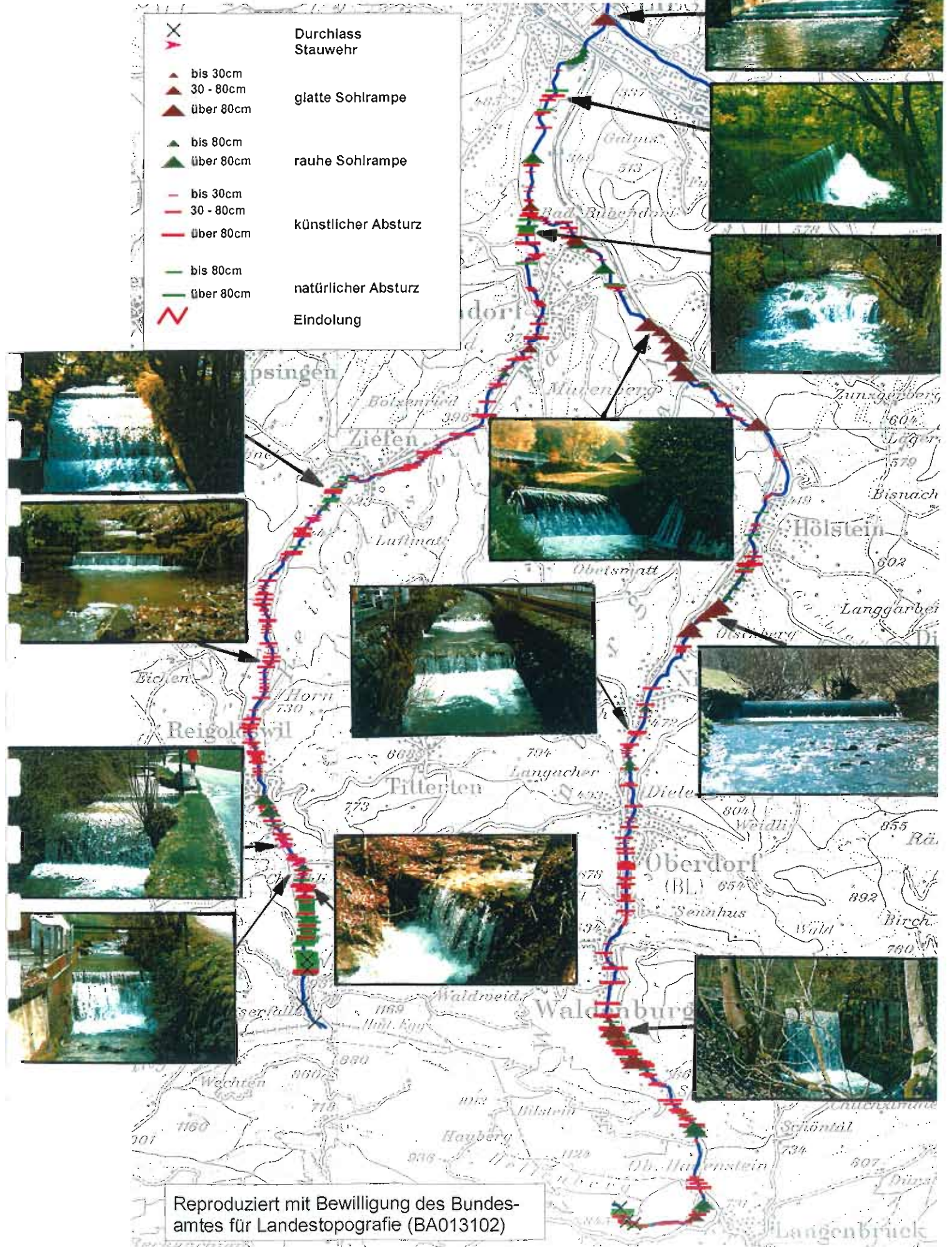
⁵ Ökomorphologische Bestandesaufnahme der Frenken, Praktikumsbericht Karin Bühlmann, Amt für Umweltschutz und Energie BL, Januar 1999.

Die kleinen Bilder zeigen einige speziell geschädigte Abschnitte.



Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie (BA013102)

Abbildung 29: Aufwanderungshindernisse für Wassertiere
 Die kleinen Bilder zeigen einige speziell nachteilige Abstürze.



Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie (BA013102)

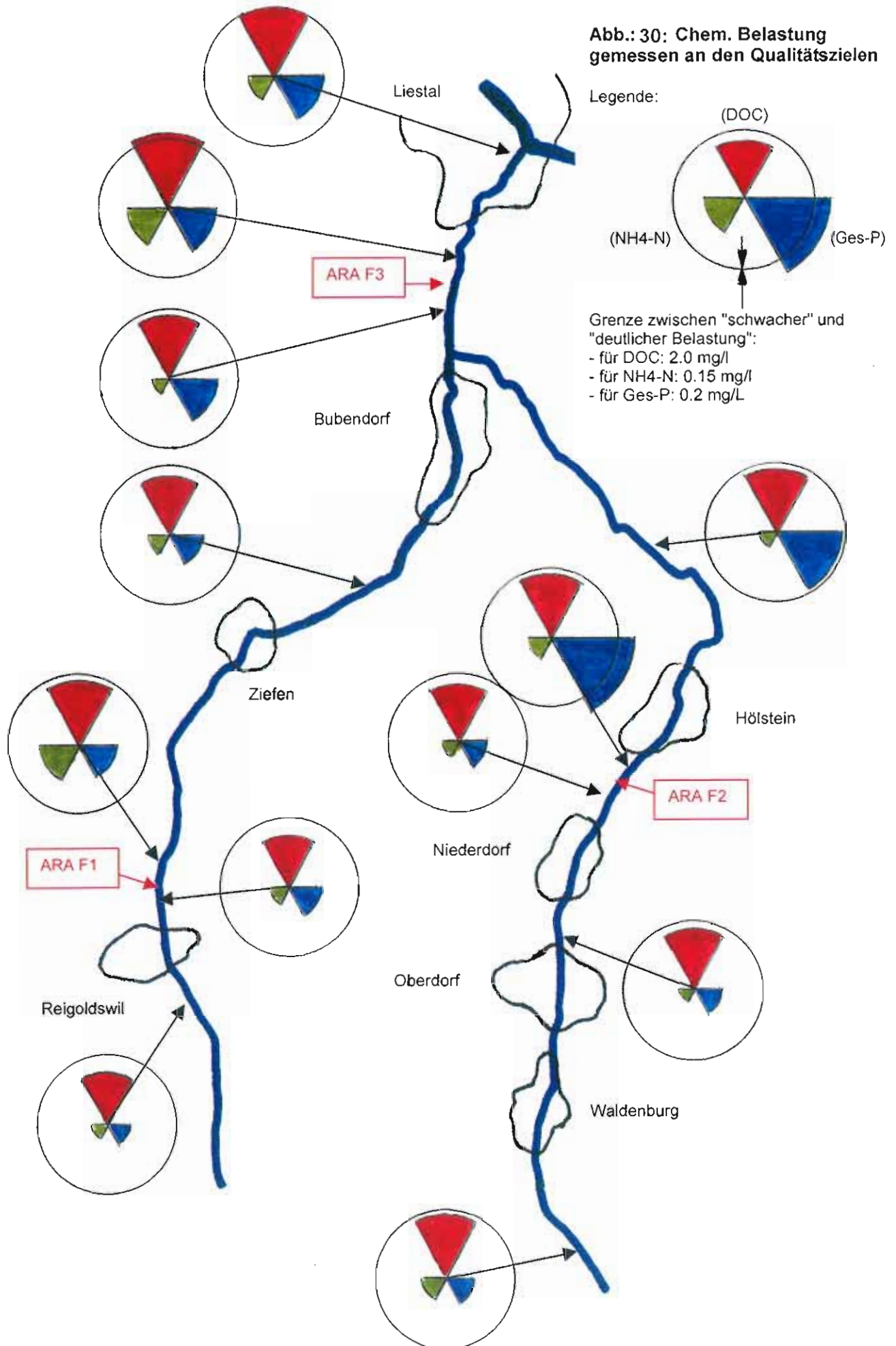
Chemische Belastung

Abbildung 30 veranschaulicht die Konzentrationen der drei wichtigsten Belastungsparameter (DOC, Ammonium und Gesamtphosphor) in Form von Kreissektoren. Deren Flächen sind proportional zu den Konzentrationen. Der Kreis stellt die Grenze zwischen "schwacher" und "deutlicher" Belastung, also das Qualitätsziel gemäss den "Empfehlungen für die Untersuchung der schweizerischen Oberflächengewässer", dar. Alle Flächen, die innerhalb des Kreises liegen, zeigen an, dass das Qualitätsziel erreicht ist. Dort wo die Flächen über den Kreis hinausragen, ist das Qualitätsziel nicht erreicht. Als Basis für unsere Darstellung dienten die Mittelwerte aus den Einzeluntersuchungen.

Die Konzentrationen aller drei dargestellten Parameter weisen flussabwärts eine leicht steigende Tendenz auf. Die Ammonium-Konzentration liegt dennoch an allen Stellen deutlich unterhalb des Qualitätsziels von 0.15 mg N/l. Dagegen bewegen sich die DOC-Konzentrationen um 2 mg/l, das heisst im Bereich des Qualitätsziels. Zur Überschreitung dieses Werts kommt es unterhalb der ARA Bubendorf. Das Qualitätsziel von 0.2 mgP/l wird im Einflussbereich der ARA Niederdorf deutlich überschritten.

Aus Abbildung 30 lässt sich der Einfluss der Kläranlagen unschwer feststellen. Die gereinigten Abwässer führen bei allen Parametern zu einer Erhöhung der gemessenen Werte. Ebenso lässt sich für alle Parameter im Längsverlauf der Frenken ein gewisser Selbstreinigungseffekt erkennen. Inwiefern dieser Effekt tatsächlich auf einen biologischen Abbau von Stoffen im Gewässer zurückzuführen ist, kann allerdings nicht genau gesagt werden. In Frage kommt auch ein Verdünnungseffekt durch zufließendes Wasser oder die Adsorption von Stoffen an Steinen und Pflanzen.

Abb.: 30: Chem. Belastung gemessen an den Qualitätszielen



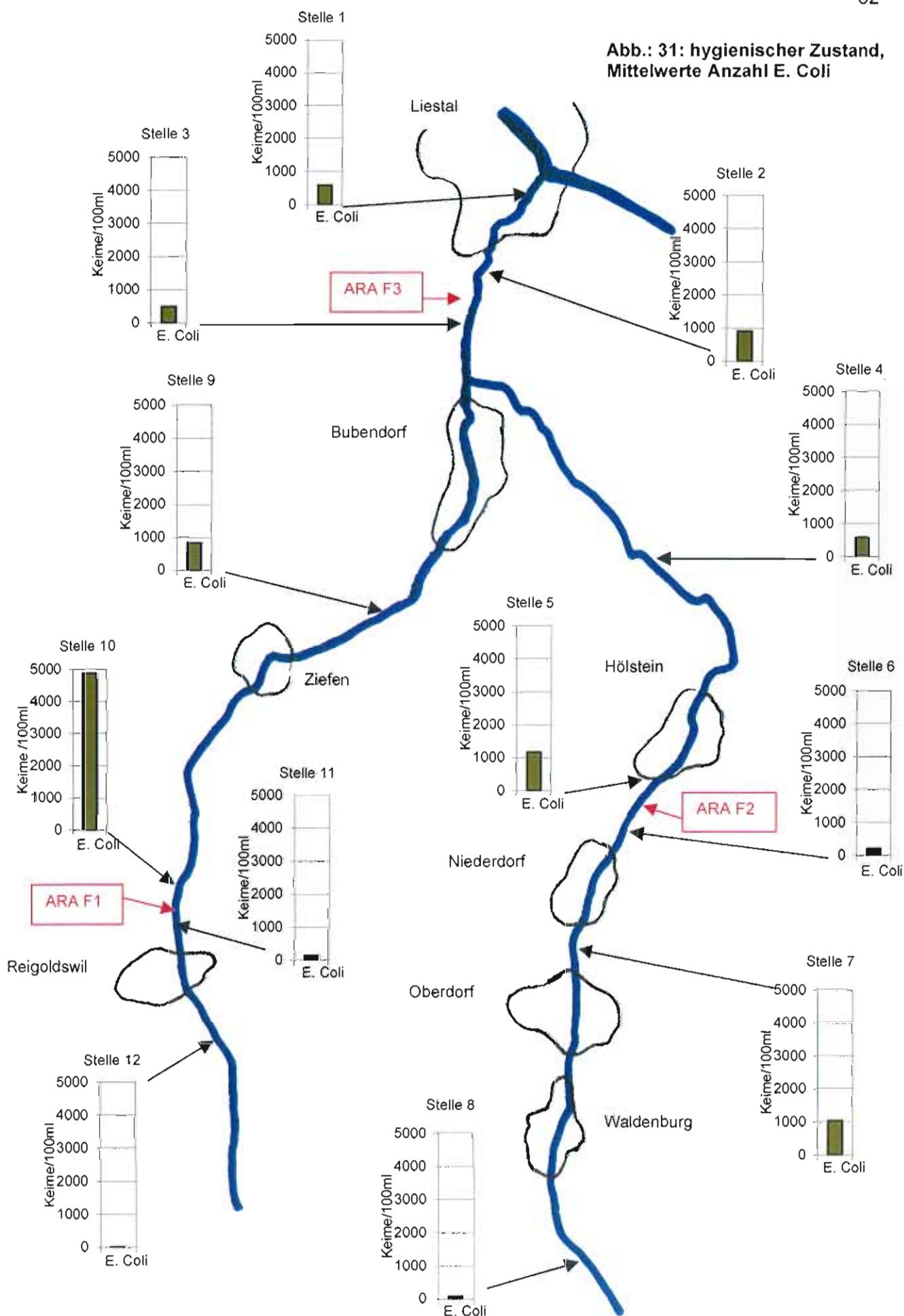
Hygienische Belastung

Abbildung 31 stellt die Zahl der E.Coli-Bakterien in den Frenken dar (Mittelwerte): Es ist ersichtlich, dass vor allem die gereinigten Abwässer der ARA Reigoldswil zu einer starken Zunahme der Keime führt. Die Einträge aus der ARA Niederdorf und der ARA Bubendorf sind zwar auch deutlich erkennbar, sie fallen aber längst nicht so massiv aus. Durch Selbstreinigungsprozesse im Gewässer nimmt im Längsverlauf die Keimzahl dann aber relativ schnell wieder ab.

Oberhalb der ARA-Ausläufe sind die Konzentrationen der E.Coli-Bakterien sehr tief. Lediglich die Messstelle in Oberdorf fällt diesbezüglich etwas aus dem Rahmen. Für die relativ hohe Keimzahl in Oberdorf gibt es mehrere mögliche Gründe: Nebst Fehlanschlüssen der Kanalisation oder landwirtschaftlichen Einflüssen kommt als weitere Quelle die noch nicht renovierte ARA Liedertswil in Frage.

Gemessen an den "Empfehlungen für die hygienische Beurteilung von See- und Flussbädern" des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) sind die Frenken im Einflussbereich der ARA als Badegewässer nicht geeignet. In diesen Empfehlungen wird bei E.Coli-Konzentrationen von mehr als 1'000 Keimen pro 100 ml vom Baden abgeraten.

Abb.: 31: hygienischer Zustand, Mittelwerte Anzahl E. Coli



4.10 Vergleich mit früheren Untersuchungen

Tabelle 14 und Abbildung 32 veranschaulichen, wie sich die **chemische Belastung** in den letzten Jahren verändert hat. Die Daten der vorliegenden Studie werden mit denjenigen der "systematischen Vorfluteruntersuchungen des WWA" aus den Jahren 1978-1981 verglichen.

Die Konzentrationen der Belastungsparameter sind heute oberhalb der drei grösseren Kläranlagen Frenke 1, 2 und 3 geringer als vor 20 Jahren. Die Gründe hierfür dürften einerseits bei einem erhöhten Anschlussgrad der Liegenschaften liegen, sodass heute kaum mehr ungeklärte Abwässer in die Gewässer gelangen. Andererseits dürften auch Veränderungen bei der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zu suchen sein, sodass insgesamt weniger diffuse Einträge die Gewässer belasten.

Von besonderem Interesse ist natürlich die Situation unterhalb der drei Kläranlagen: Nur geringfügige Veränderungen haben sich im Einflussbereich der ARA Frenke 1 ergeben. Es handelt sich dabei je nach Parameter um leichte Zu- oder Abnahmen der Belastung. Die augenfälligste Verbesserung der Wasserqualität wurde beim Ammonium-Gehalt unterhalb der ARA Frenke 2 erzielt. Während Ende der Siebzigerjahre Konzentrationen im Milligramm-Bereich gemessen wurden, liegen sie heute noch im Mikrogramm-Bereich. Bei den übrigen Parametern sind ebenfalls Abnahmen zu verzeichnen. Sie fallen jedoch deutlich kleiner aus. Es scheint uns bemerkenswert, dass diese Verbesserungen erreicht wurden, obwohl sich die Abwasserfracht durch die Zunahme der Bevölkerung praktisch verdoppelt hat. Dies darf unseres Erachtens als Erfolg der stetigen Optimierungen beim Betrieb der Kläranlagen gewertet werden.

Eher etwas schlechter geworden ist die Situation unterhalb der ARA Bubendorf (Stelle 1). Hier hat der DOC-Gehalt im Vergleich zu den Siebzigerjahren leicht zugenommen. Wenn man aber bedenkt, wie sich insbesondere Bubendorf in den letzten zwanzig Jahren bezüglich Grösse und Industrialisierung entwickelt hat, so ist dies nicht weiter erstaunlich.

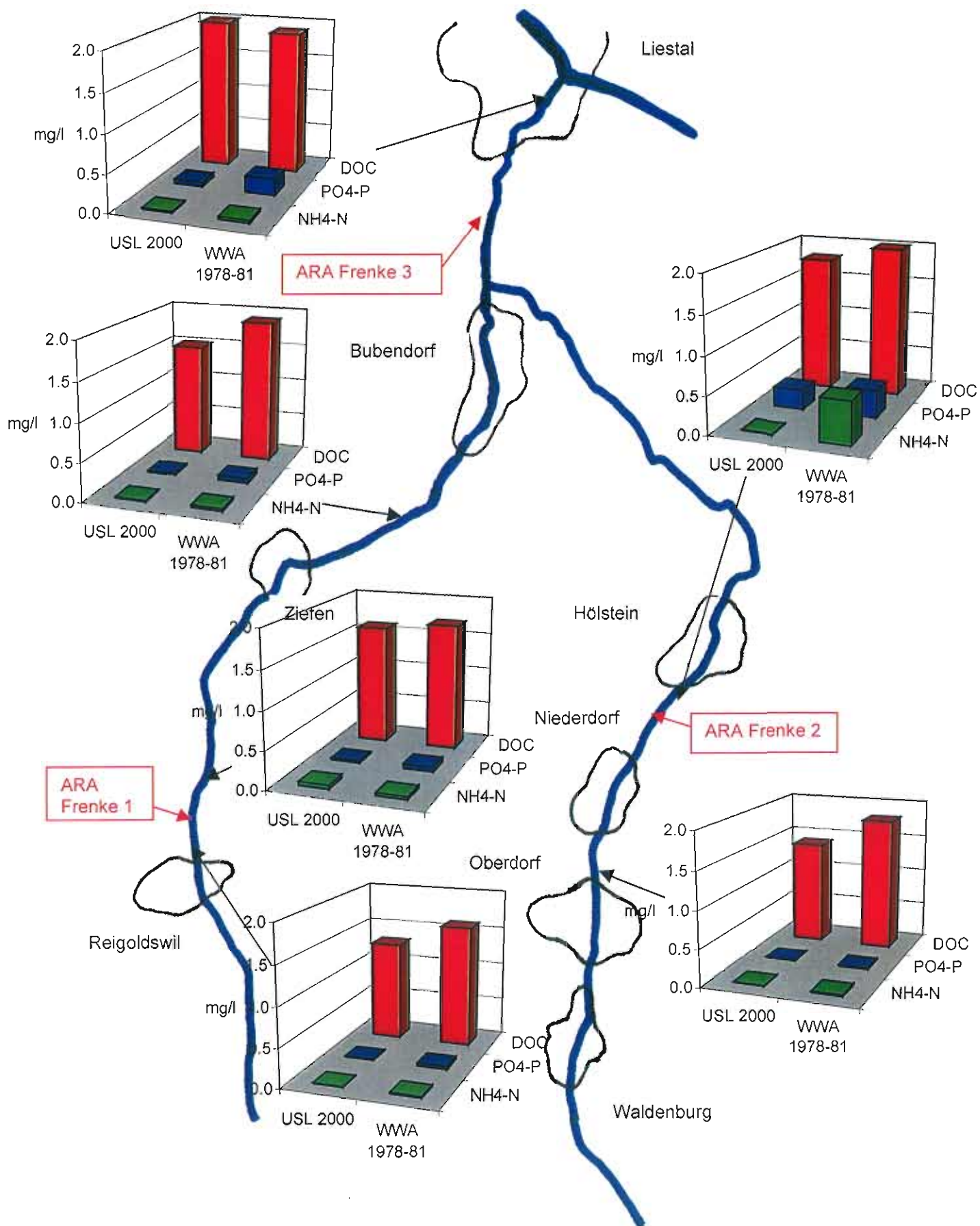
Tabelle 14: Chemische Belastung heute und vor rund 20 Jahren

Parameter	Konz. (Mittelwerte) mg/l		Ver- besserung um Faktor	Ver- schlechterung um Faktor
	USL ¹⁾	WWA ²⁾		
Stelle 1, Liestal, vor Mündung in die Ergolz				
NH ₄ -N (mg/l)	0.019	0.036	1.9	
PO ₄ -P (mg/l)	0.060	0.22	3.7	
DOC (mg/l)	2.0	1.9		1.1
Stelle 5, unterhalb der ARA Frenke 2				
NH ₄ -N (mg/l)	0.012	0.56	47	
PO ₄ -P (mg/l)	0.260	0.37	1.4	
DOC (mg/l)	1.8	2.1	1.2	
Stelle 7, unterhalb Oberdorf				
NH ₄ -N (mg/l)	0.010	0.021	2.1	
PO ₄ -P (mg/l)	0.010	0.018	1.8	
DOC (mg/l)	1.4	1.8	1.3	
Stelle 9, Beuggen Bubendorf				
NH ₄ -N (mg/l)	0.015	0.031	2.1	
PO ₄ -P (mg/l)	0.019	0.062	3.3	
DOC (mg/l)	1.5	1.9	1.3	
Stelle10, unterhalb der ARA Frenke 1, Reigoldswil				
NH ₄ -N (mg/l)	0.051	0.037		1.4
PO ₄ -P (mg/l)	0.028	0.063	2.3	
DOC (mg/l)	1.6	1.7	1.1	
Stelle 11, oberhalb der ARA Frenke 1, Reigoldswil				
NH ₄ -N (mg/l)	0.008	0.018	2.3	
PO ₄ -P (mg/l)	0.011	0.038	3.5	
DOC (mg/l)	1.3	1.6	1.2	

Legende:

- 1): aktuelle Untersuchung des USL (2000)
2): System. Vorfluteruntersuchungen WWA (1978-81)

Abb.: 32: Chemische Belastung im Vergleich zu 1978-81



5 Regenwettersituation: Resultate und Diskussion

5.1 Stand der Mischwasserbehandlung

Im Einzugsgebiet der Frenken existieren insgesamt 8 Kläranlagen. Es handelt sich hierbei um 5 kleinere Anlagen, welche das Abwasser der Gemeinden Arboldswil, Bennwil, Lampenberg, Liedertswil und Titterten reinigen. Mit Ausnahme der Anlage in Liedertswil, welche sich noch nicht auf dem neusten Stand der Technik befindet, verfügen all diese Gemeindeanlagen über eine eigene Mischwasserbehandlung. Die Funktionstüchtigkeit dieser Mischwasserbehandlungs-Anlagen wurde in verschiedenen Untersuchungsberichten⁶ des Umweltschutzlabors aufgezeigt. Die Erneuerung der KLARA Liedertswil ist für das Jahr 2001 vorgesehen. Wir haben deshalb bei den Gemeindeanlagen auf weitere Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit verzichtet.

Völlig anders präsentiert sich die Situation bei den drei Kläranlagen ARA Frenke 1, 2 und 3 in Reigoldswil, Niederdorf und Bubendorf. Während die modernen Gemeindekläranlagen über eine eigene Mischwasserbehandlung verfügen, ist die Behandlung des aus den Einzugsgebieten der drei Frenken-Anlagen anfallenden Mischwassers noch nicht befriedigend gelöst. Insgesamt sind zehn Gemeinden an diese drei Anlagen mit regionalem Charakter angeschlossen. Im Kanalsystem, welches das Abwasser den Anlagen zuführt, befinden sich insgesamt 66 Regenüberläufe (RA). Etwa zwei Drittel dieser RA sprechen erst ab einer kritischen Regenintensität von 25 l/s-ha und mehr an. Bei einigen wenigen RA führen bereits Regenintensitäten von weniger als 5 l/s-ha zu Entlastungen in die Gewässer. Abbildung 33 gibt einen Überblick über das Einzugsgebiet der drei Kläranlagen.

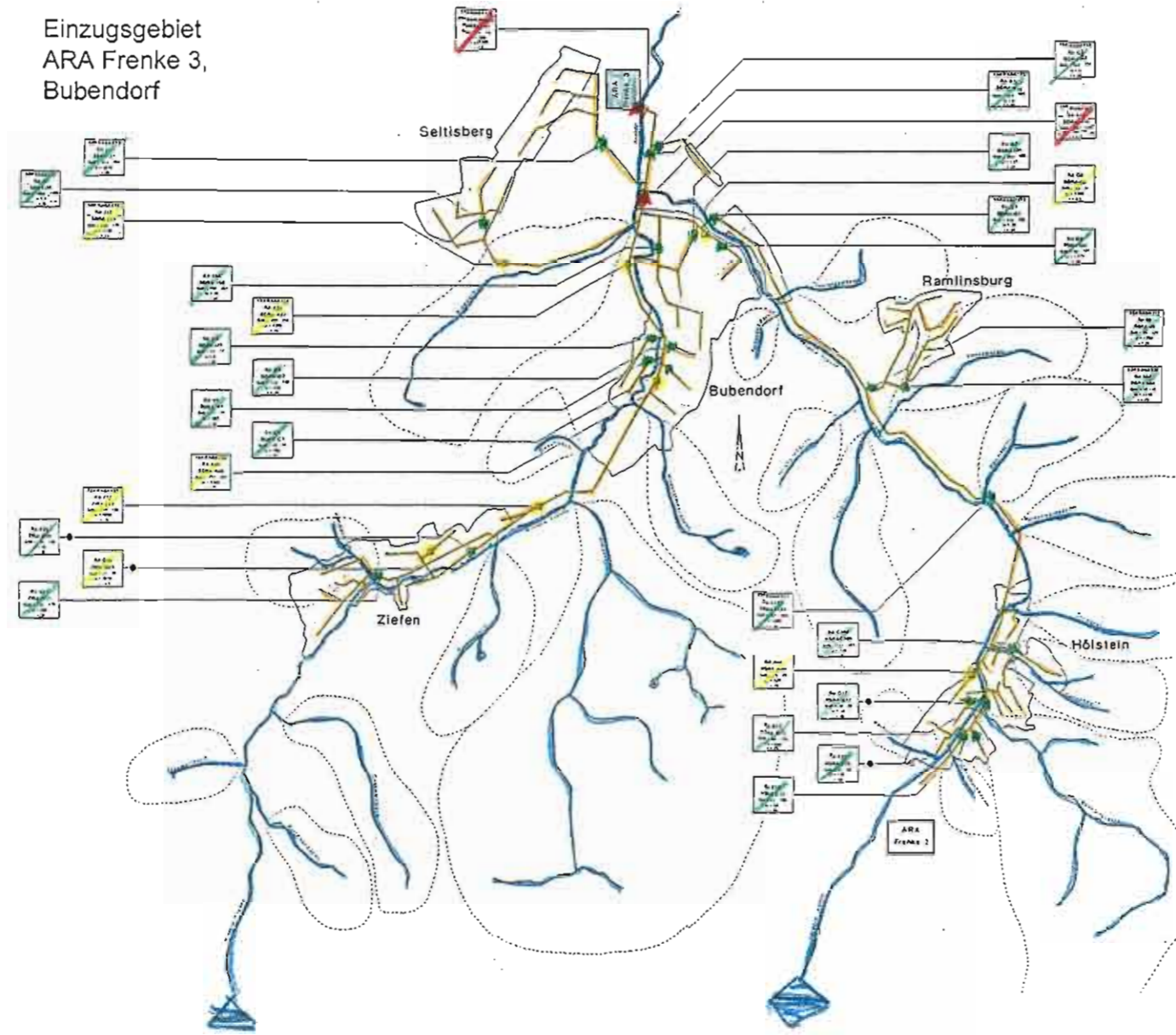
Aus den vom AIB in Auftrag gegebenen Untersuchungen⁷ über den Ist-Zustand der Mischwasserbehandlung in den Einzugsgebieten der drei Kläranlagen ist ersichtlich, dass vor allem bei den Abwasserreinigungsanlagen grosse Mischwassermengen entlastet werden. Das anfallende Mischwasser wird also in der jetzigen Situation aus dem Einzugsgebiet möglichst quantitativ abgeleitet und den Kläranlagen zugeführt. Sobald das anfallende Wasser die hydraulische Kapazität der Kläranlage überschreitet, erfolgt dann die Entlastung in das Gewässer. Gemäss den Berechnungen von Rapp AG gelangen auf diese Weise im Nahbereich der Kläranlagen jährlich rund 630'000 m³ Mischwasser in die drei Frenken. Diese Menge teilt sich ungefähr wie folgt auf:

ARA Reigoldswil	110'000 m ³
ARA Niederdorf	190'000 m ³
ARA Bubendorf	330'000 m ³

⁶ a) KLARA Arboldswil, Untersuchung im Jahre 2000, Bericht in Vorbereitung
 b) "Bennwil - Abwasserentsorgung i.O?", Bericht des AUE-Umweltschutzlabors vom 31.07.1994
 c) "Lampenberg - Abwasserentsorgung i.O?", Bericht des AUE-Umweltschutzlabors vom 20.12.2000
 d) "Titterten - okay?", Bericht des AUE-Umweltschutzlabors vom 30.09.1988

⁷ a) "Regenwasserbehandlung im Einzugsgebiet der ARA Frenke 1", Rapp AG, März 1997
 b) "Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet der ARA Frenke 2", Rapp AG, April 1997
 c) "Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet der ARA Frenke 3", Rapp AG, Dezember 1997

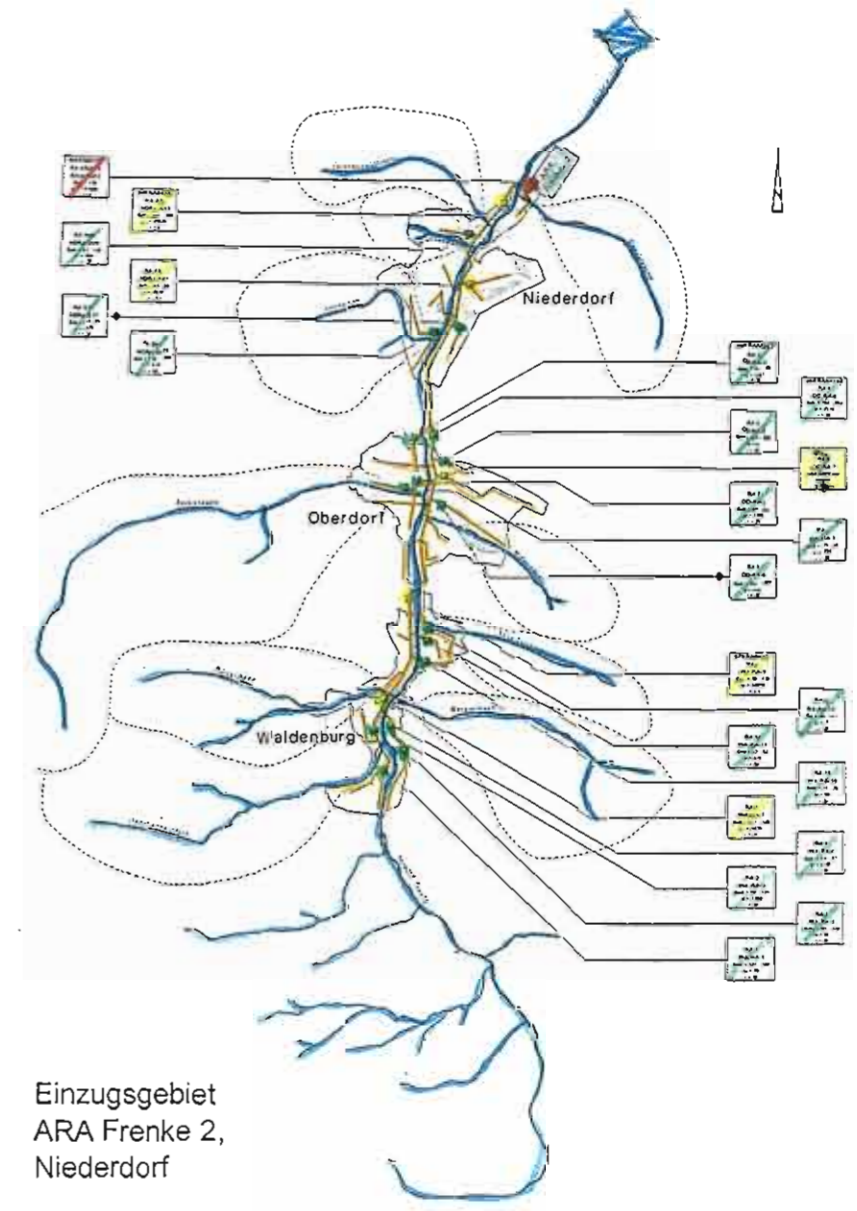
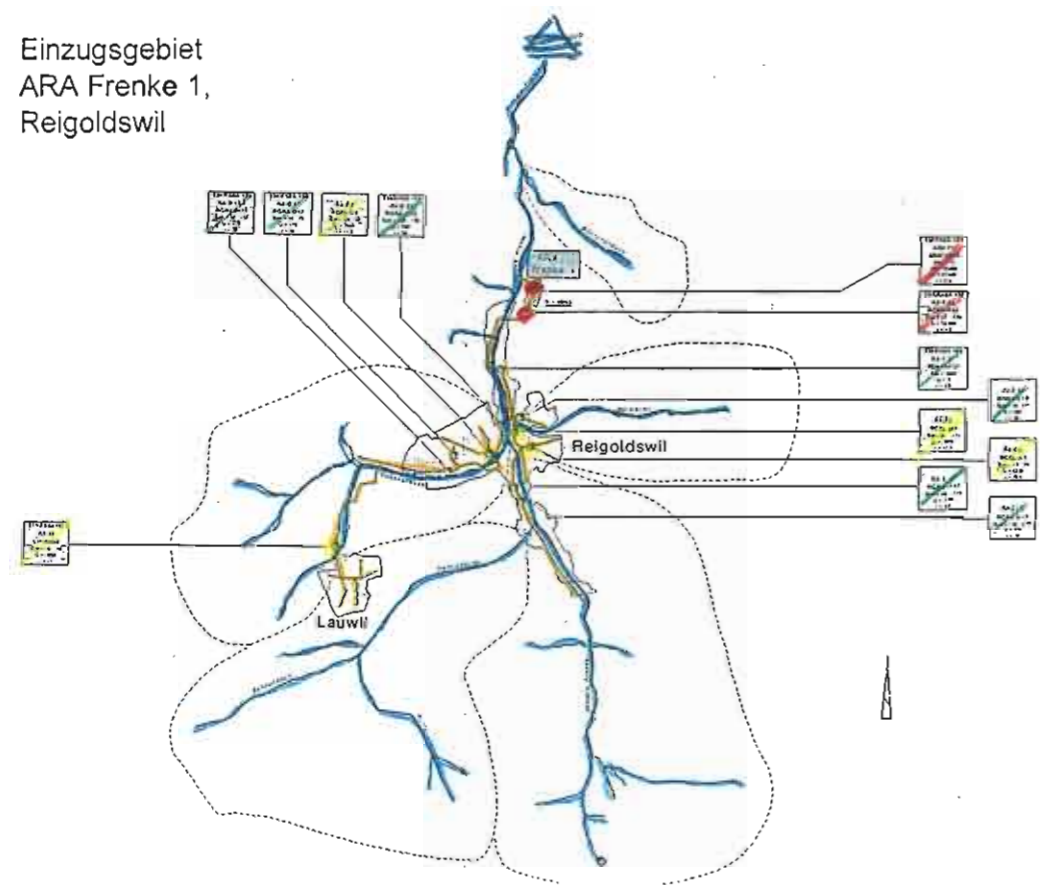
Abbildung 33: Übersicht über das Einzugsgebiet der drei Kläranlagen ARA Frenke 1, Reigoldswil, ARA Frenke 2, Niederdorf und ARA Frenke 3, Bubendorf



LEGENDE

- GEWÄSSER
- KANALISATION
- REGENAUSLÄSSE:
- $R_{AN} < 5 \text{ L/S} \cdot \text{HA}$
- $R_{AN} = 5 \text{ BIS } 25 \text{ L/S} \cdot \text{HA}$
- $R_{AN} > 25 \text{ L/S} \cdot \text{HA}$
- KLÄRANLAGE

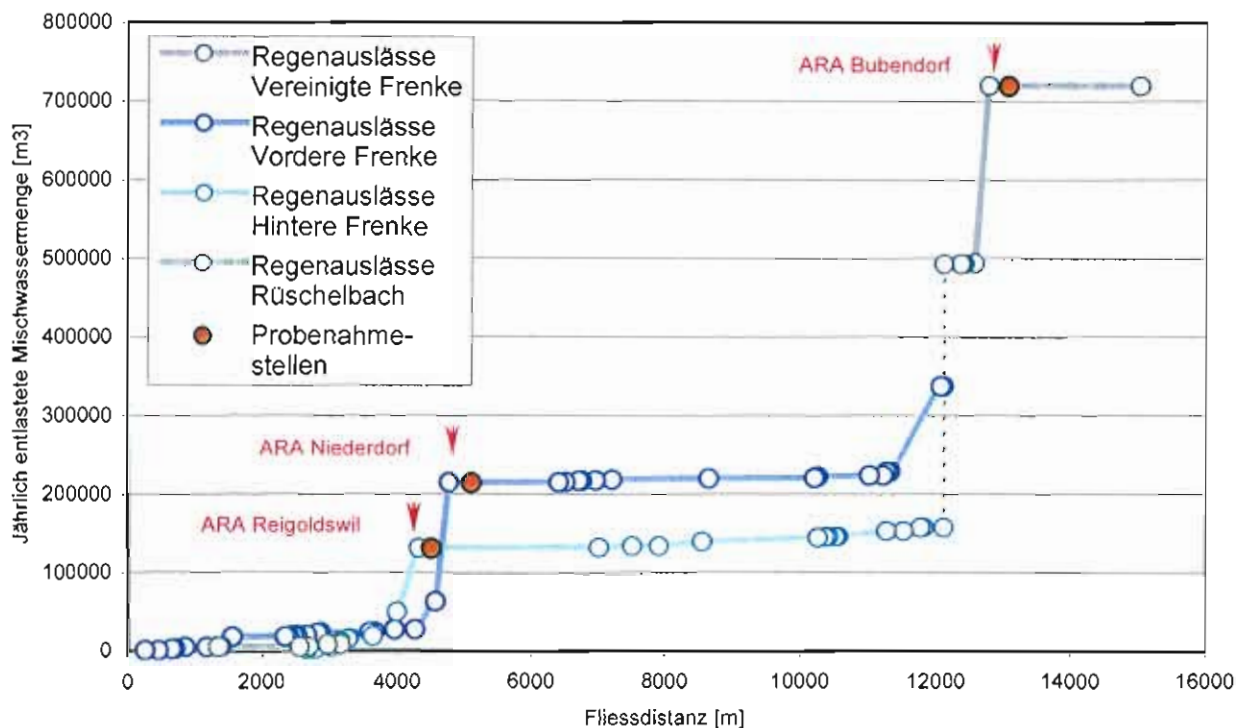
Einzugsgebiet ARA Frenke 1, Reigoldswil



Einzugsgebiet ARA Frenke 2, Niederdorf

Abbildung 34 verdeutlicht die Situation für die Einzugsgebiete der drei ARA. Sie zeigt die kumulierten, jährlich entlasteten Mischwassermengen in Abhängigkeit von der Fließdistanz der Frenken, beginnend mit den Einzugsgebieten der ARA Reigoldswil und der ARA Niederdorf bis hin zur Mündung in die Ergolz. Es ist ersichtlich, dass in dieses Gewässersystem jährlich etwa 730'000 m³ Mischwasser entlastet werden, davon etwa 630'000 m³ im Nahbereich der drei Kläranlagen.

Abbildung 34: Im Einzugsgebiet der 3 Kläranlagen jährlich entlastete Mischwassermengen (kumuliert)



5.2 Beschreibung der Regenereignisse

Während des Untersuchungszeitraums von Mitte Juni bis Mitte November (Regenwetterstudie) haben wir die Niederschläge in den Frenkentalern mittels drei Pluviographen in Reigoldswil, Oberdorf und Bubendorf aufgezeichnet. In diesem Zeitraum registrierten wir pro Standort rund 200 Regenereignisse von unterschiedlichster Dauer und Intensität. Dabei haben wir bei länger andauernden Regenperioden die durch Niederschlagspausen getrennten Regenschübe als Einzelereignisse erfasst. Regen mit weniger als 0.1 mm Niederschlagsmenge wurden nicht berücksichtigt. Von allen aufgezeichneten Regenereignissen erreicht knapp die Hälfte eine Intensität von mehr als 5 l/s·ha. Dies bedeutet, dass gemäss den aktuellen Einstellungen der Regenüberläufe etwa jedes zweite Regenereignis zu Mischwasserentlastungen im Nahbereich der Kläranlagen führt.

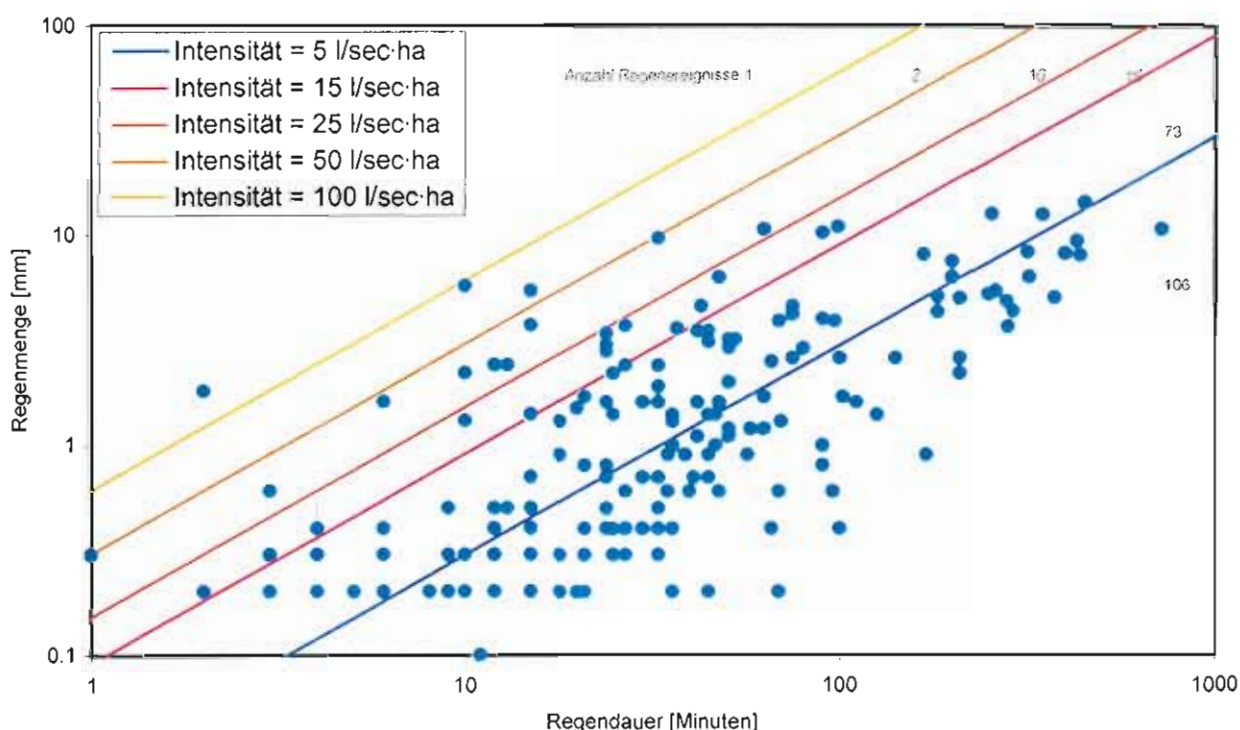
Im Folgenden geben wir einen groben Überblick über die in jedem der drei Einzugsgebiete registrierten Regenereignisse. Gleichzeitig erfolgt eine detailliertere Beschreibung derjenigen Ereignisse, bei welchen wir den durch Mischwasserentlastungen betroffenen Gewässerabschnitt beprobt haben. Die Angaben zu diesen ausgewählten Einzelereignissen werden mit den Abflussverhältnissen ergänzt, welche jeweils im beprobten Gewässer vorherrschten. Hierzu ist zu bemerken, dass die Regenereignisse in Oberdorf und die Abflussmengen in

den Frenken auf Grund der geringen zeitlichen Auflösung der eingesetzten Geräte (Pluviograph, Pegelstandsschreiber) nur grob beschrieben werden können.

5.2.1 Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 1, Reigoldswil

Die Aufzeichnungen des Pluviographen in Reigoldswil haben wir in Abbildung 35 graphisch dargestellt. Die Graphik verdeutlicht sehr schön die Bandbreite der auftretenden Regenereignisse: Es ist ersichtlich, dass rund die Hälfte aller Regenereignisse eine mittlere Intensität von weniger als 5 l/s-ha aufwiesen. Von den gut 200 registrierten Ereignissen erreichten knapp 30 eine Niederschlagsintensität von mehr als 15 l/s-ha.

Abbildung 35: Regenereignisse von Juni bis November 2000 in Reigoldswil



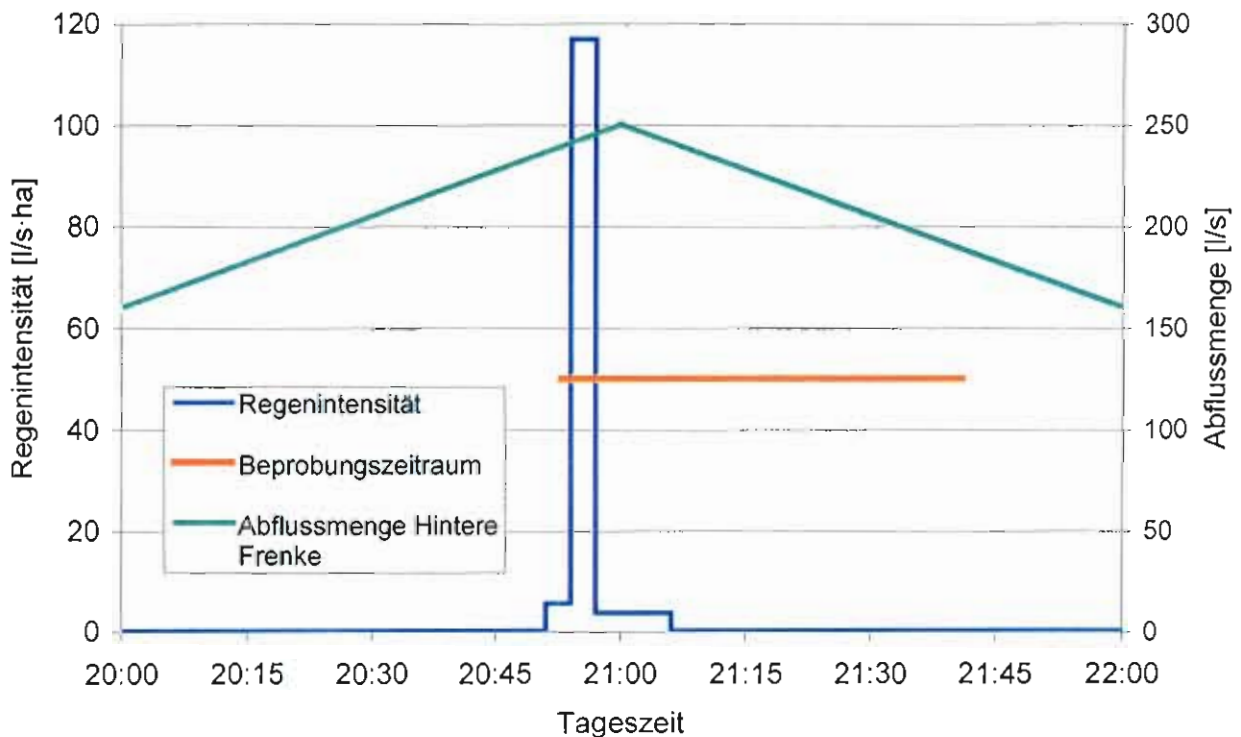
Im Verlaufe unserer Untersuchung haben wir in Reigoldswil anlässlich von insgesamt 6 Regenereignissen etwa 200 m unterhalb der Kläranlage in der Hinteren Frenke Proben gezogen und analysiert. Bei vier dieser Ereignissen fanden in grösserem Ausmass Mischwasserentlastungen statt. Im Folgenden wird jedes dieser Ereignisse charakterisiert. Dabei geht es insbesondere darum, die Vorgeschichte eines Ereignisses sowie das Ereignis selbst genauer zu beschreiben, um die Interpretation der Analysendaten zu vereinfachen.

Regenereignis vom 7. Juli 2000

Nach einigen Tagen mit viel Niederschlag folgten am 5. und 6. Juli zwei trockene Tage. Bereits am frühen Morgen des 7. Julis begann es dann wieder zu regnen. Es fielen zwischen 3⁰⁰ und 9⁰⁰ Uhr ungefähr 4 mm Niederschlag. Danach blieb es bis zum Abend trocken. Kurz vor 21.00 Uhr setzte dann ein heftiger Regen ein. Dieser dauerte insgesamt nur etwa 15 Minuten. Er erreichte aber für kurze Zeit eine mittlere Niederschlagsintensität von über 100 l/s-ha. Insgesamt fielen bei diesem Regenereignis 2.4 mm Niederschlag.

Die Abflussmenge der Hinteren Frenke lag zum Zeitpunkt der Probenahme bei etwa 200 l/s. Dies entspricht der Abflussmenge, welche an rund 240 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. In Abbildung 36 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 36: Ereignis vom 07.07.2000: Ungefähre Abflussmenge der Hinteren Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

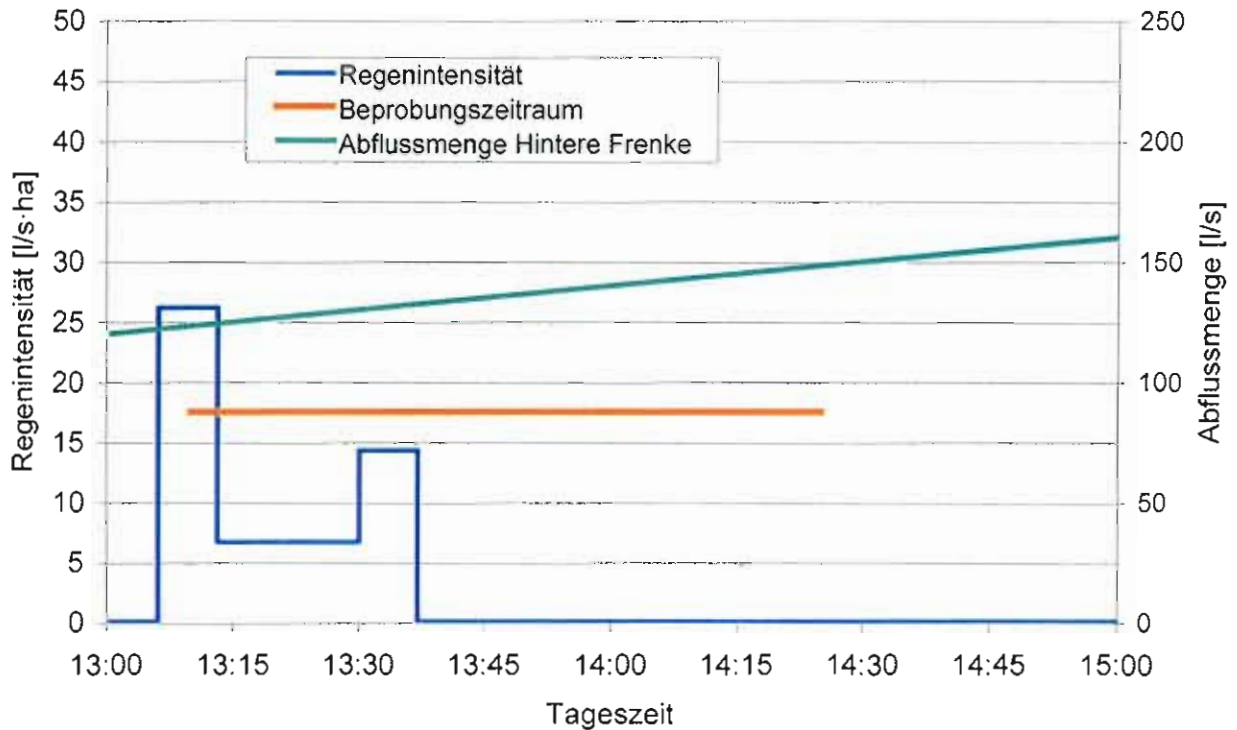


Regenereignis vom 28. Juli 2000

Über das Wetter im Vorfeld dieser Untersuchung lässt sich nichts genaues sagen; der Regenmesser in Reigoldswil verweigerte seinen Dienst. Auf Grund der Daten von Oberdorf muss davon ausgegangen werden, dass es in den Tagen zuvor regnerisch war. Insgesamt fiel aber wahrscheinlich nicht allzu viel Regen. Am frühen Morgen des Untersuchungstages brachte um 1⁰⁰ Uhr ein Gewitter dann ungefähr 5 mm Niederschlag. Danach blieb es trocken, bis um etwa 13⁰⁰ Uhr das von uns beprobte Regenereignis einsetzte.

Die Wasserführung der Hinteren Frenke lag zum Zeitpunkt der Probenahme etwa bei 130 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche an rund 320 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. In Abbildung 37 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 37: Ereignis vom 28.07.2000: Ungefähre Abflussmenge der Hinteren Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

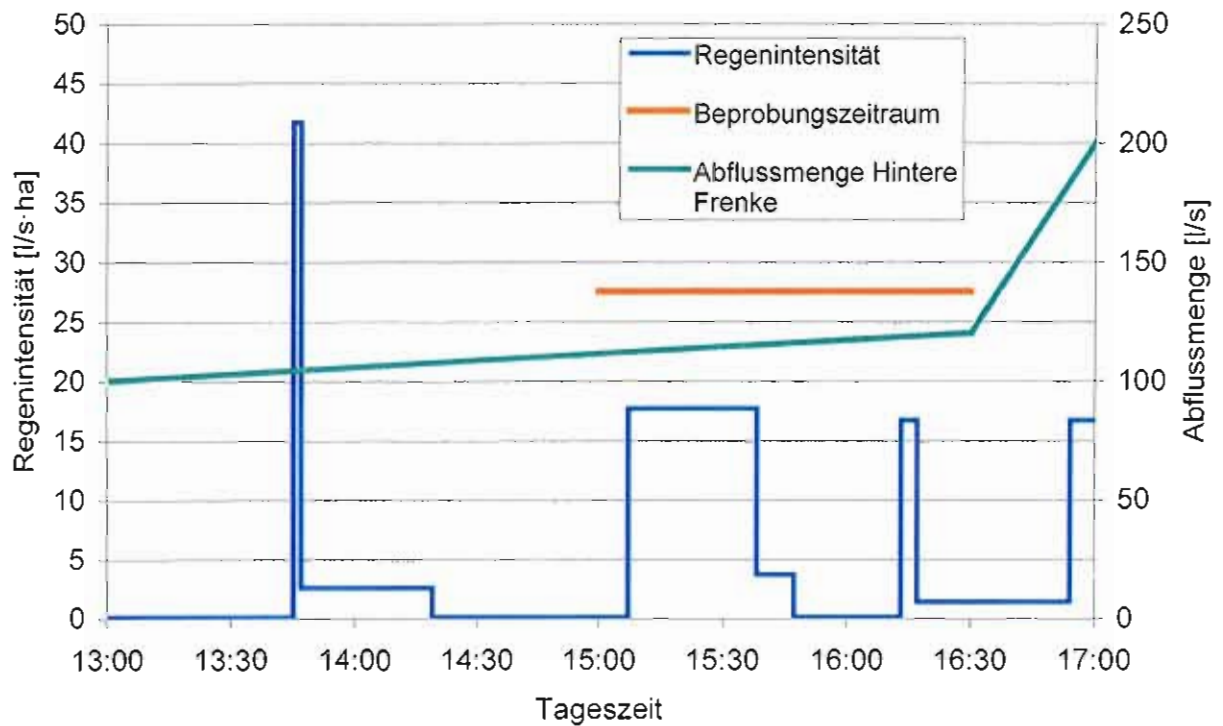


Regenereignis vom 2. August 2000

Seit dem letzten Regen waren etwas mehr als 3 Tage vergangen: Am 2. August, kurz vor 14⁰⁰ Uhr setzte dann ein Regen ein, welcher ungefähr 30 Minuten dauerte und 1 mm Niederschlag brachte. Eine knappe Stunde später folgte das Hauptereignis, welches eine mittlere Intensität von ungefähr 18 l/s·ha aufwies und etwa 3 mm Regen ergab.

Die Wasserführung der Hinteren Frenke betrug zum Zeitpunkt der Probenahme etwa 120 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche an rund 330 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. In Abbildung 38 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 38: Ereignis vom 2.08.2000: Ungefähre Abflussmenge der Hinteren Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

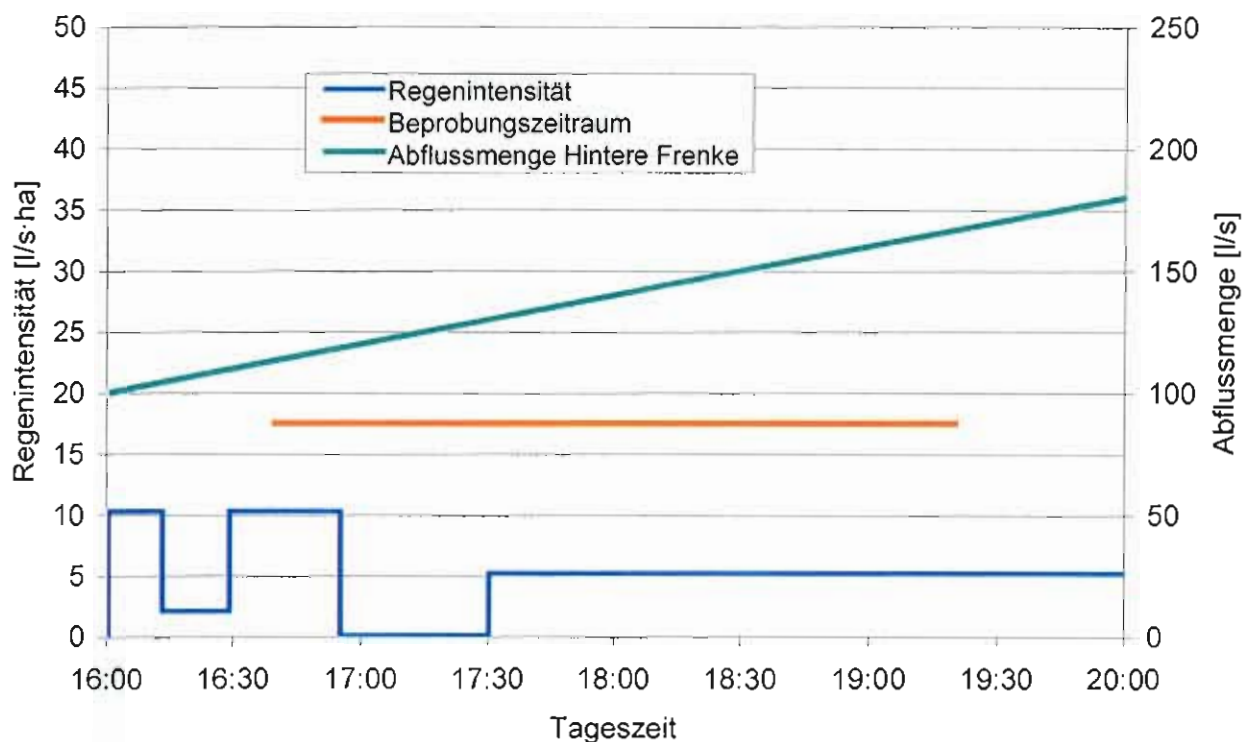


Regenereignis vom 20. September 2000

Nach einer Niederschlagsfreien Periode von über zehn Tagen setzte am Nachmittag des 20. September um 16⁰⁰ Uhr der Regen ein. Die mittlere Intensität des Regens war nicht sehr gross; sie lag zeitweise bei etwa 10 l/s·ha, manchmal auch etwas darunter.

Zu Beginn der Probenahme lag die Abflussmenge der Hinteren Frenke bei 100 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche an 347 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. Im Verlauf des Regenereignisses nahm die Abflussmenge zu und erreichte schlussendlich so gegen 21⁰⁰ Uhr einen Wert von 200 l/s. In Abbildung 39 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

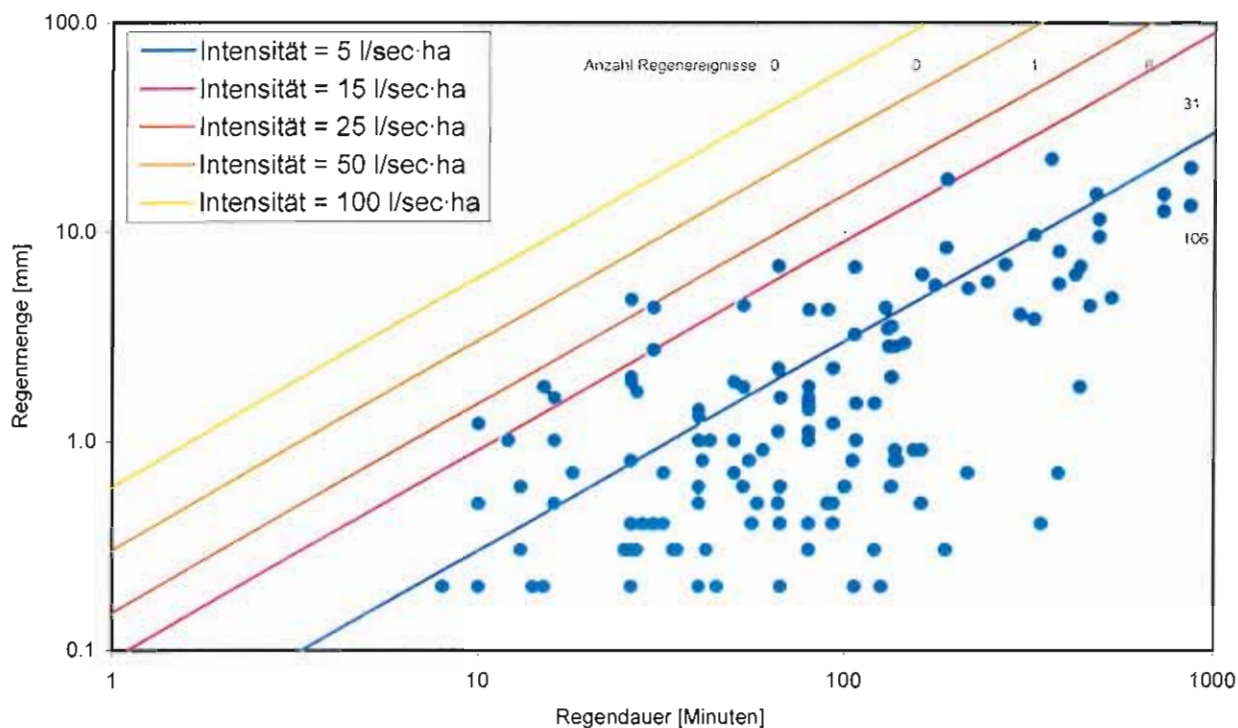
Abbildung 39: Ereignis vom 20.09.2000: Ungefähre Abflussmenge der Hinteren Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit



5.2.2 Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 2, Niederdorf

Der Regenmesser zur Erfassung der Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 2 war in Oberdorf stationiert. Die Aufzeichnungen des Pluviographen haben wir in Abbildung 39 graphisch dargestellt. Im Vergleich zu den Aufzeichnungen des Geräts in Reigoldswil (Abbildung 35) ergibt sich beim Pluviographen in Oberdorf ein etwas anderes Bild: Ereignisse mit sehr hohen Niederschlagsintensitäten sind hier nicht erkennbar. Dies liegt nicht daran, dass in Oberdorf keine solchen Ereignisse stattgefunden haben. Die geringe zeitliche Auflösung des Regenmessers lässt es jedoch nicht zu, sehr intensive Regenereignisse, welche in der Regel nur kurz andauern, als solche zu erfassen. Die hier präsentierten Regendaten erheben deshalb keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit und müssen bezüglich der zeitlichen Komponente (Zeitangaben, Intensitätsangaben) mit Vorsicht interpretiert werden.

Abbildung 40: Regenereignisse von Juni bis November 2000 in Oberdorf



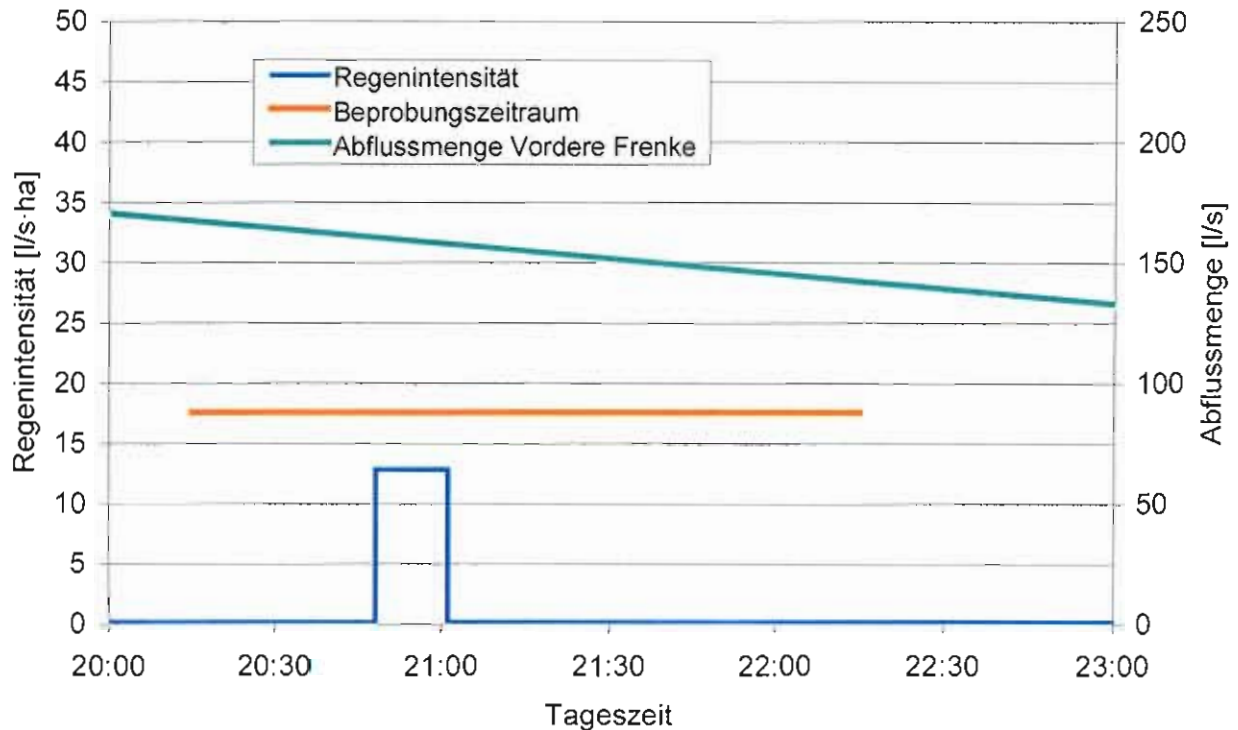
Im Verlaufe unserer Untersuchung haben wir in Niederdorf bei insgesamt vier Regenereignissen etwa 350 m unterhalb der Kläranlage in der Vorderen Frenke Proben gezogen und analysiert. Im Folgenden wird jedes dieser Ereignisse charakterisiert. Dabei geht es insbesondere darum, die Vorgeschichte eines Ereignisses sowie das Ereignis selbst genauer zu beschreiben, um die Interpretation der Analysendaten zu vereinfachen.

Regenereignis vom 7. Juli 2000

Nach einigen Tagen mit viel Niederschlag folgten am 5. und 6. Juli zwei trockene Tage. Am frühen Morgen des 7. Juli fielen erneut 8 mm Regen. Ab 9⁰⁰ Uhr blieb es dann bis zum Abend trocken. Kurz vor 21⁰⁰ Uhr setzte dann ein starker Regen ein, welcher insgesamt etwa 15 Minuten dauerte. Die Niederschlagsmenge bei diesem Regenereignis betrug insgesamt 1 mm.

Die Abflussmenge der Vorderen Frenke bewegte sich zum Zeitpunkt der Probenahme etwa um 150 l/s. Dies entspricht der Abflussmenge, welche an rund 290 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. In Abbildung 41 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 41: Ereignis vom 7.07.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vorderen Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

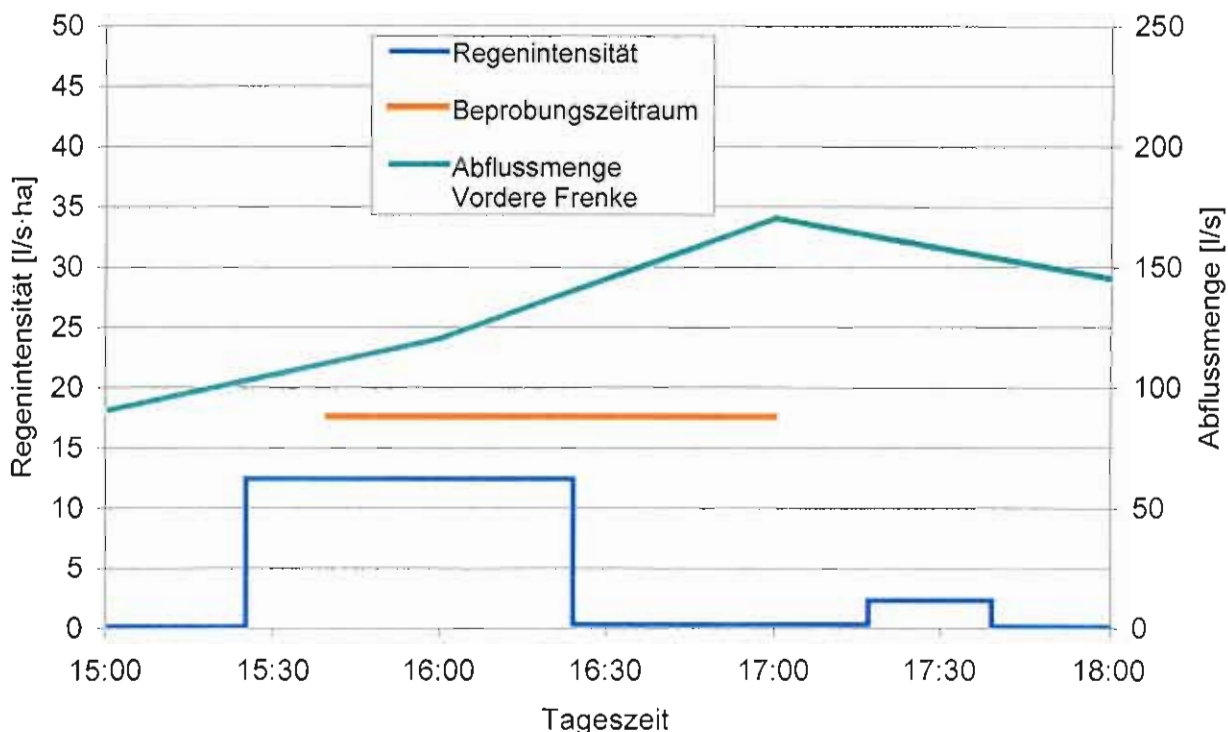


Regenereignis vom 2. August 2000

Seit dem letzten Regen waren etwas mehr als drei Tage vergangen: Am 2. August setzte dann gegen 15³⁰ Uhr ein Regen ein, welcher ungefähr eine Stunde dauerte und gut 4 mm Niederschlag brachte.

Die Wasserführung der Vorderen Frenke betrug zum Zeitpunkt der Probenahme etwa 100 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche an etwa 340 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. Im Verlauf des Regenereignisses stieg die Abflussmenge dann auf etwa 160 l/s an. In Abbildung 42 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 42: Ereignis vom 2.08.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vorderen Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

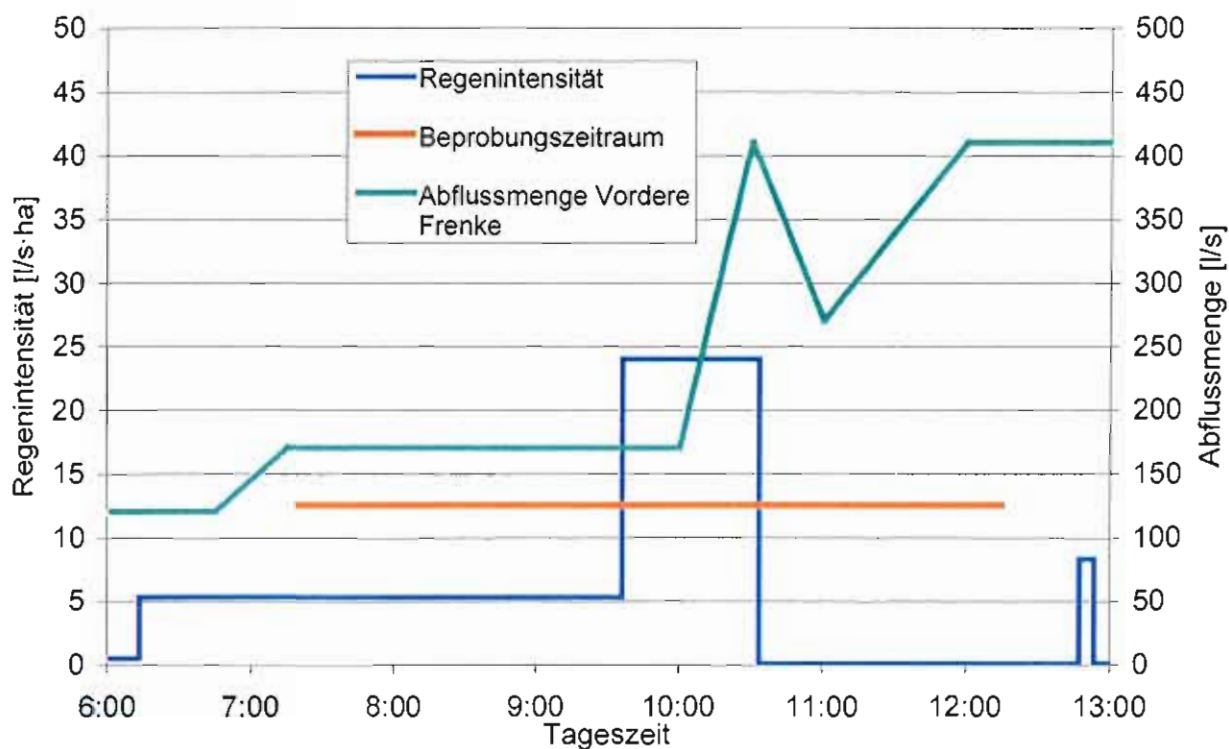


Regenereignis vom 31. August 2000

Nach vier niederschlagsfreien Tagen setzte am Morgen des 31. August so gegen 4³⁰ Uhr ein leichter Regen ein. Ab 6¹⁵ Uhr wurde dann der Regen etwas stärker und um 9³⁰ Uhr erreichte er während etwa einer Stunde eine Intensität von 25 l/s·ha. Es regnete noch weiter: bis 13⁰⁰ Uhr fielen insgesamt 16 mm Niederschlag, etwa die Hälfte davon während des eine Stunde andauernden Hauptereignisses.

Die Wasserführung der Vorderen Frenke betrug zu Beginn der Probenahme etwa 170 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche etwa an 270 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. Im weiteren Verlauf des Regenereignisses nahm die Abflussmenge dann auf etwa 400 l/s zu. In Abbildung 43 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 43: Ereignis vom 31.08.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vorderen Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

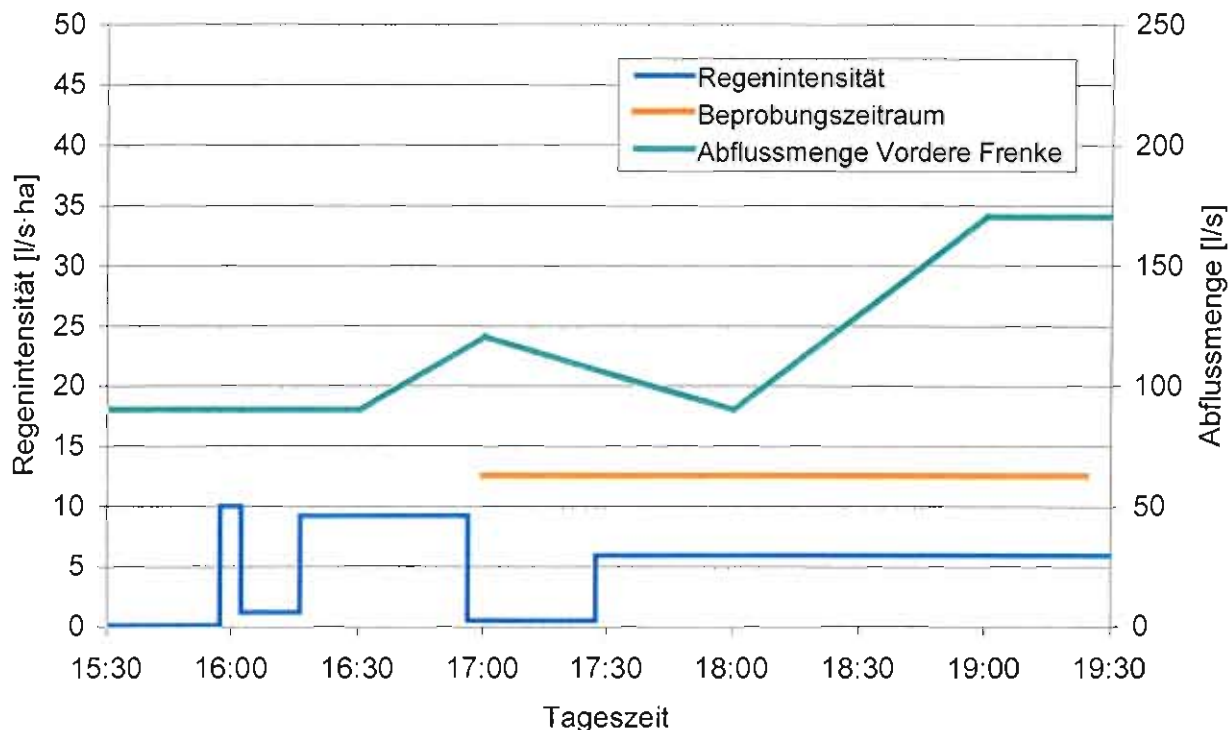


Regenereignis vom 20. September 2000

Nach einer Niederschlagsfreien Periode von sieben Tagen setzte am Nachmittag des 20. September um 16⁰⁰ Uhr der Regen ein. Die mittlere Niederschlagsintensität - unterbrochen durch zwei Regenspauzen - lag bei etwa 10 l/s·ha, manchmal auch etwas darunter.

Zu Beginn der Probenahme betrug die Abflussmenge der Vorderen Frenke 120 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche an etwa 320 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. Im Verlauf des Regenereignisses nahm die Abflussmenge zu und erreichte schlussendlich so gegen 21⁰⁰ Uhr einen Wert von 170 l/s. In Abbildung 44 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

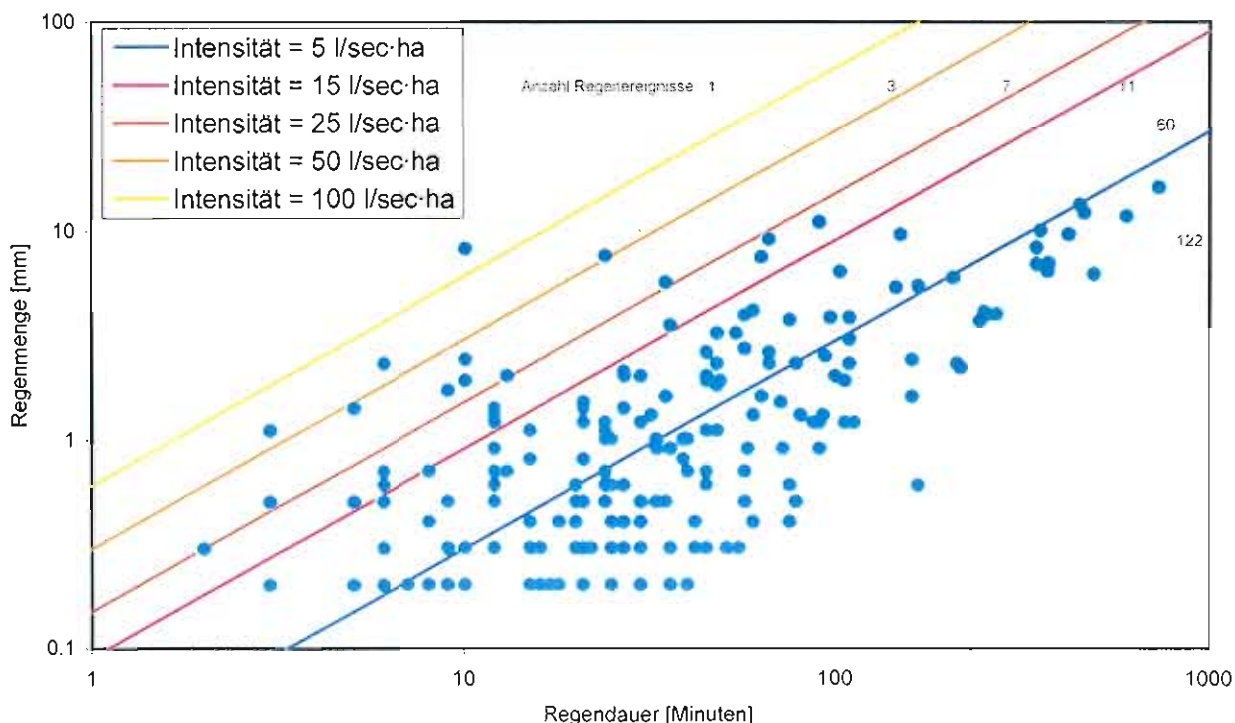
Abbildung 44: Ereignis vom 20.09.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vorderen Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit



5.2.3 Regenereignisse im Einzugsgebiet der ARA Frenke 3, Bubendorf

Die Aufzeichnungen des Pluviographen in Bubendorf haben wir in Abbildung 45 graphisch dargestellt. Die Graphik zeigt die Bandbreite der auftretenden Regenereignisse: Es ist ersichtlich, dass etwas mehr als die Hälfte aller Regenereignisse eine mittlere Intensität von weniger als 5 l/s·ha aufwiesen. Von den rund 200 registrierten Ereignissen erreichten gut 20 eine Niederschlagsintensität von mehr als 15 l/s·ha.

Abbildung 45: Regenereignisse von Juni bis November 2000 in Bubendorf



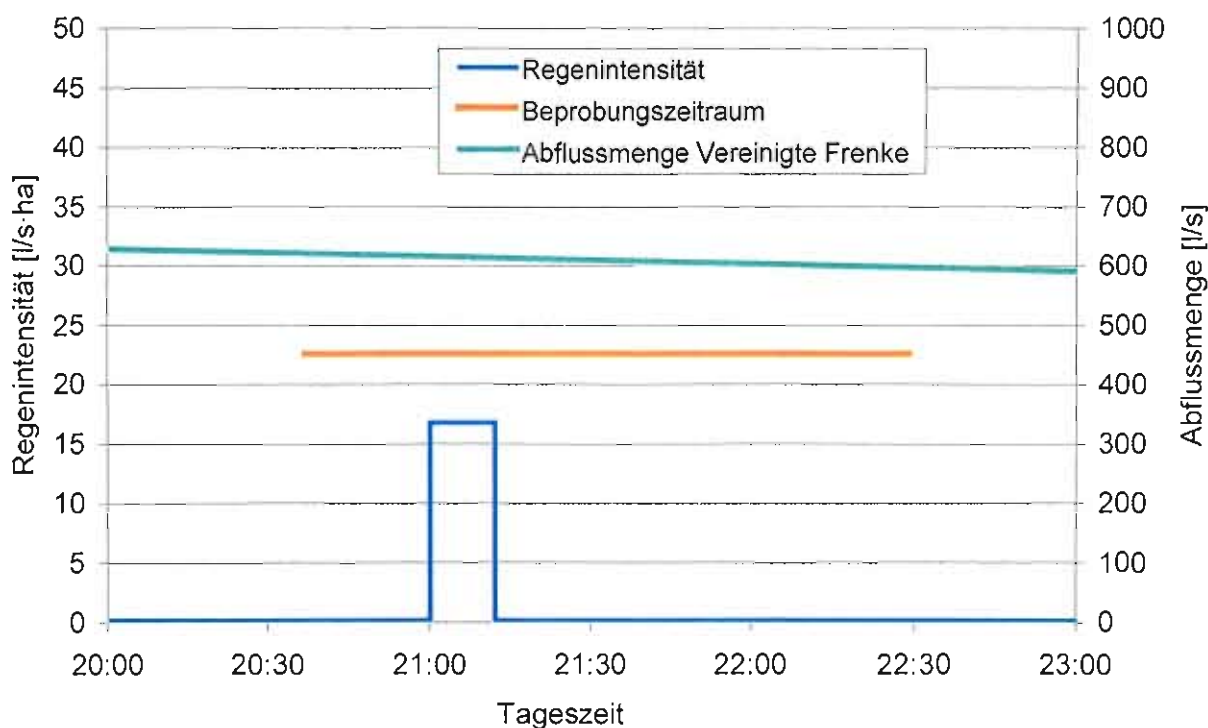
Im Verlaufe unserer Untersuchung haben wir in Bubendorf bei insgesamt fünf Regenereignissen etwa 300 m unterhalb der Kläranlage in der Vereinigten Frenke Proben gezogen und analysiert. Bei vier dieser Ereignisse fanden in grösserem Ausmass Mischwasserentlastungen statt. Im Folgenden wird jedes dieser Ereignisse charakterisiert. Dabei geht es insbesondere darum, die Vorgeschichte eines Ereignisses sowie das Ereignis selbst genauer zu beschreiben, um die Interpretation der Analysendaten zu vereinfachen.

Regenereignis vom 7. Juli 2000

Nach einigen Tagen mit viel Niederschlag folgten am 5. und 6. Juli zwei trockene Tage. Bereits am frühen Morgen des 7. Juli begann es dann wieder zu regnen. Es fielen zwischen 4⁰⁰ und 9⁰⁰ Uhr ungefähr 3 mm Regen. Danach blieb es bis zum Abend trocken. Kurz vor 21⁰⁰ Uhr setzte dann intensiver Regen ein. Dieser dauerte insgesamt nur etwa 12 Minuten. Er erreichte eine mittlere Niederschlagsintensität von 17 l/s-ha. Insgesamt fielen bei diesem Regenereignis 1.2 mm Niederschlag.

Die Abflussmenge der Vereinigten Frenke bewegte sich zum Zeitpunkt der Probenahme um etwa 600 l/s. Dies entspricht der Abflussmenge, welche an rund 240 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. In Abbildung 46 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 46: Ereignis vom 07.07.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vereinigten Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

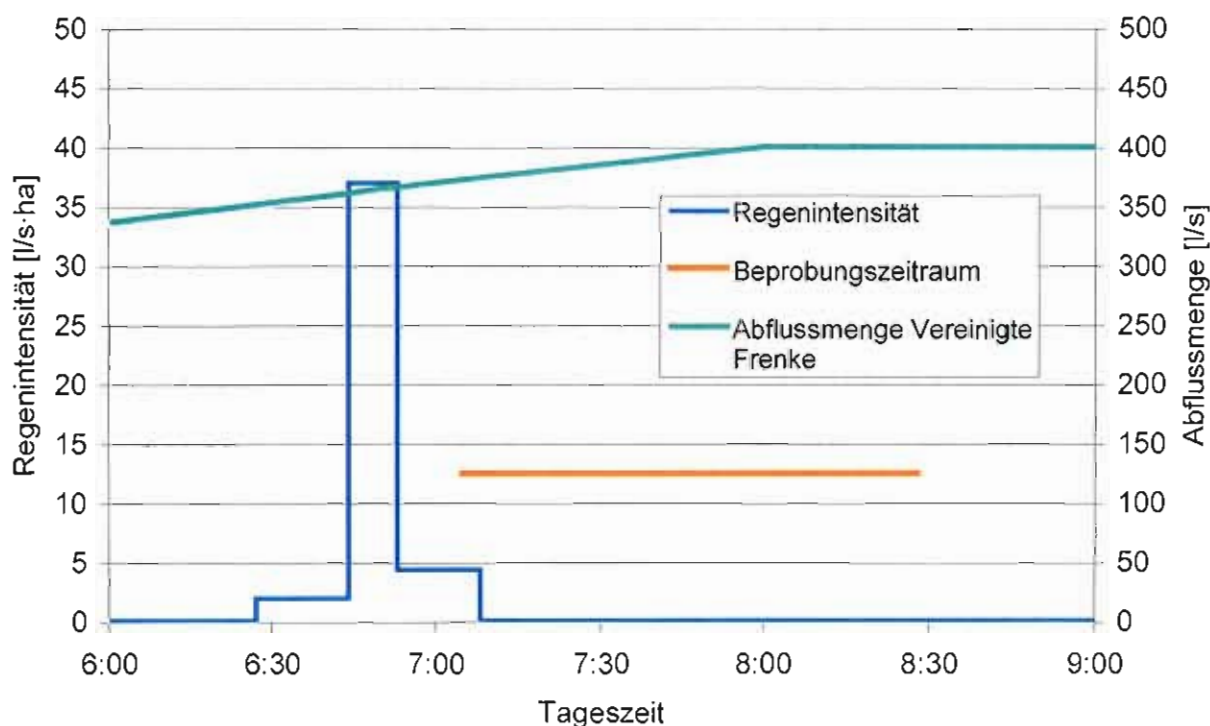


Regenereignis vom 18. August 2000

Nach einer Trockenperiode von etwa zehn Tagen begann es kurz nach Mitternacht leicht zu regnen. Es fielen innerhalb von 45 Minuten 1.5 mm Niederschlag. Um 4⁰⁰ Uhr fielen innerhalb von etwa 10 Minuten nochmals 1.7 mm Regen. Dieses Ereignis dürfte zu ersten Mischwasserentlastungen geführt haben. Ein weiterer Regenschub setzte um 6³⁰ ein. Dieser erreichte zeitweise eine Niederschlagsintensität von 37 l/s·ha. Die Niederschlagsmenge betrug 2.6 mm.

Die Abflussmenge der Vereinigten Frenke bewegte sich zum Zeitpunkt der Probenahme bei etwa 380 l/s. Dies entspricht der Abflussmenge, welche an rund 310 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. In Abbildung 47 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 47: Ereignis vom 18.08.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vereinigten Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

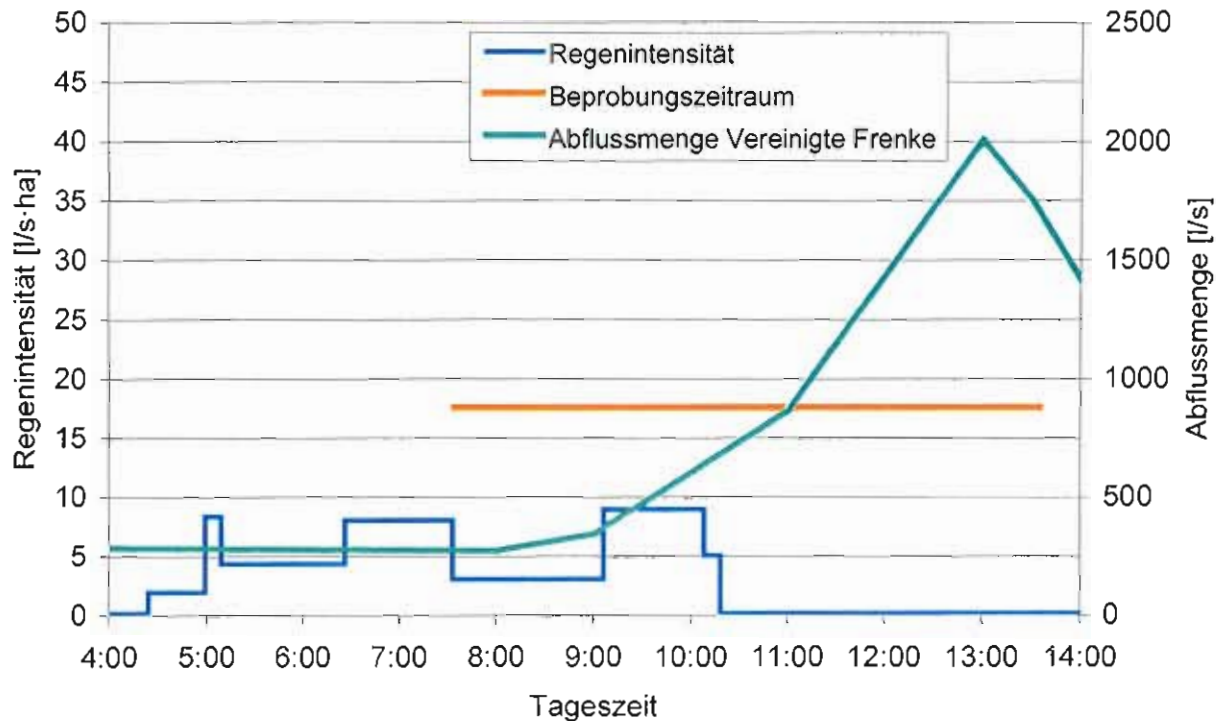


Regenereignis vom 31. August 2000

Nach vier niederschlagsfreien Tagen setzte am Morgen des 31. August so gegen 4³⁰ Uhr der Regen ein. Es regnete während insgesamt etwa 6 Stunden mit wechselnder Intensität, wobei diese nie mehr als 10 l/s·ha erreichte. In dieser Zeit fielen insgesamt rund 10 mm Niederschlag.

Die Wasserführung der Vereinigten Frenke betrug zu Beginn der Probenahme etwa 280 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche etwa an 340 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. Im weiteren Verlauf des Regenereignisses nahm die Abflussmenge dann zu und erreichte einen Spitzenwert von rund 2000 l/s. In Abbildung 48 sind die Regendaten und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 48: Ereignis vom 31.08.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vereinigten Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit

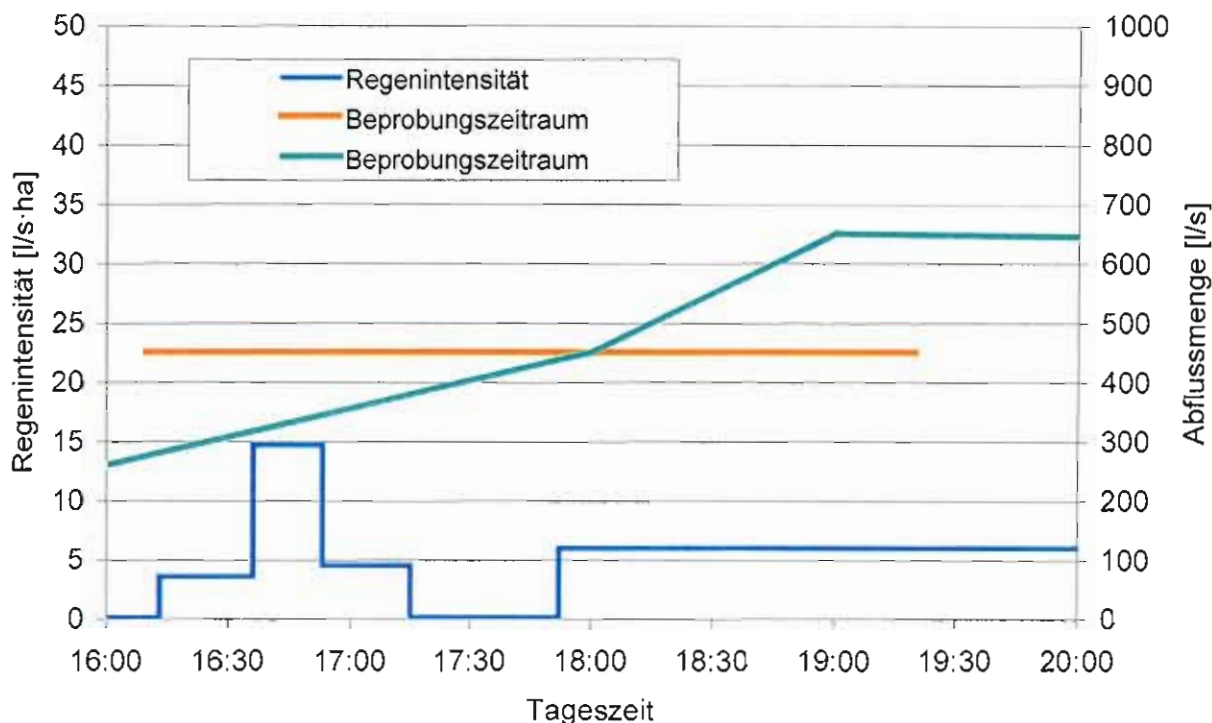


Regenereignis vom 20. September 2000

Nach einer niederschlagsfreien Periode von sieben Tagen setzte am Nachmittag des 20. September kurz nach 16⁰⁰ Uhr der Regen ein. Die mittlere Niederschlagsintensität lag lediglich bei etwa 10 l/s·ha. Einzig gegen 17⁰⁰ Uhr erreichte sie während einer Dauer von etwa 15 Minuten einen Wert von 15 l/s·ha.

Zu Beginn der Probenahme betrug die Abflussmenge der Vereinigten Frenke knapp 300 l/s. Dies entspricht einer Abflussmenge, welche an etwa 330 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten wird. Im Verlauf des Regenereignisses nahm die Abflussmenge zu und erreichte schlussendlich so gegen 20⁰⁰ Uhr einen Wert von 650 l/s. In Abbildung 49 sind die Regen- und die ungefähren Abflussverhältnisse schematisch dargestellt.

Abbildung 49: Ereignis vom 20.09.2000: Ungefähre Abflussmenge der Vereinigten Frenke und Regenintensität in Funktion der Zeit



5.3 Allgemeine Betrachtungen zu den Auswirkungen von Mischwasserentlastungen

Bei Trockenwetter befinden sich unsere Fließgewässer annähernd in "quasi stationärem Zustand": Die Wasserqualität unterliegt innerhalb eines kürzeren Betrachtungszeitraums keinen wesentlichen Schwankungen. Ein ganz anderes Bild zeigt sich bei Regenwetter: Durch landwirtschaftliche Abschwemmungen, Strassentwässerungen und Entlastungen des Kanalisationsnetzes treten neue Belastungen auf. Diese zusätzlichen Belastungsquellen können weder qualitativ noch quantitativ noch bezüglich ihrer Einwirkungsdauer genau spezifiziert werden. Hierfür gibt es verschiedene Gründe: Zum einen beeinflussen Dauer, lokale Verteilung und Intensität eines Regenereignisses das Auftreten temporärer Belastungen wesentlich. Andererseits ergeben sich je nach landwirtschaftlichen, industriellen und häuslichen Aktivitäten hinsichtlich Ab- und Ausschwemmung unterschiedliche "Ausgangssituationen". Daneben ist auch der Einfluss des Gewässers selbst nicht zu vernachlässigen: Seine Wasserführung bestimmt, wie stark eingebrachte Verunreinigungen verdünnt werden, und die Gewässermorphologie beeinflusst das Tempo dieses Geschehens: In Gewässerläufen mit einer abwechslungsreichen Gestalt findet die Durchmischung wesentlich schneller statt als in monoton gestalteten Gewässerabschnitten. Schliesslich beeinflusst die Dynamik eines Flusses, wie schnell eingebrachte Verunreinigungen wegtransportiert werden. All diesen Faktoren muss bei der Beurteilung eines Gewässers in "nicht stationärem Zustand" (bei Regenwetter) Beachtung geschenkt werden.

Noch anspruchsvoller ist es, die konkreten Auswirkungen solcher Belastungen, insbesondere die Auswirkungen auf die Biozönose, zu erfassen, aufzuzeigen und zu beurteilen. Eine Ursache hierfür ist die in vielen Gewässern bereits relativ hohe "Grundbelastung" (stationärer Zustand). Dies erschwert eine klare Aussage, ob Beeinträchtigungen der Lebensgemeinschaft nun auf die "Grundbelastung" oder auf regenbürtige Stossbelastungen zurückzuführen sind, oder ob beide in signifikantem Masse für eingetretene Veränderungen ver-

antwortlich sind. Eindeutig lassen sich Auswirkungen von Mischwasserentlastungen und Abschwemmungen nur dann aufzeigen, wenn akut toxische Wirkungen eintreten und diese zum Beispiel in Form von Fischsterben sichtbar werden. Dies ist glücklicherweise in der Praxis nur selten der Fall. An den Frenken konnten wir während unserer Untersuchungskampagne kein solches Ereignis beobachten.

5.4 Aussagekraft der untersuchten Parameter

Zur Beurteilung der auftretenden Belastungen durch Mischwasser-Entlastungen haben wir in den erhobenen Proben jeweils sieben Parameter bestimmt: Temperatur, Gehalt an Sauerstoff, gesamte ungelöste Stoffe, gesamter organisch gebundener Kohlenstoff, gelöster organisch gebundener Kohlenstoff, Ammonium-Stickstoff sowie koliforme Keime. Im Folgenden wird die Aussagekraft dieser Parameter diskutiert und bewertet.

Sauerstoff

Der Sauerstoffgehalt kann als Leitparameter der Untersuchung angesehen werden. Die während der Trockenwetterstudie im Jahre 2000 gemessenen Sauerstoffgehalte der Frenken lagen im Mittel je nach Probenahmestelle zwischen 10.7 und 11.7 mg/l. In den Sommermonaten liegen die gemessenen Werte infolge der bei höheren Temperaturen abnehmenden Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser um etwa 1 mg/l tiefer.

Entlastetes Mischwasser enthält zumindest zu Beginn der Entlastung einen grossen Anteil an biologisch gut abbaubaren Substanzen. Deren Abbau führt im Gewässer zu einem signifikanten Sauerstoffverbrauch. Da der Verbrauch des Sauerstoffs nicht schnell genug durch Luftsauerstoff ersetzt werden kann, fällt der Sauerstoffgehalt im Gewässer massiv ab - im Extremfall kann dies zu Fischsterben führen. Ein kritischer Wert liegt bei 4 mg Sauerstoff pro Liter. Bei diesem Gehalt sind verschiedene Fischarten bereits stark gestresst. Für Jungfische und Fischeier können sich derart tiefe Sauerstoffkonzentrationen bereits letal auswirken.

Obwohl der Sauerstoffgehalt für die Beurteilung von Gewässerbelastungen im Allgemeinen und insbesondere von Stossbelastungen ein wichtiger Parameter ist, wurden bislang keine Richtwerte, welche eine Einstufung des Belastungsgrades eines Fließgewässers erlauben, festgelegt. Der Hauptgrund hierfür dürfte darin liegen, dass der Sauerstoffgehalt in einem Fließgewässer durch ganz unterschiedliche, voneinander unabhängige Variablen beeinflusst wird. Hierzu gehören die organische Belastung, die Wassertemperatur und die Morphologie des Gewässers. Um die durch Mischwasserentlastungen auftretenden Belastungen dennoch grob in Belastungsstufen einteilen zu können, haben wir eine eigene, auf das untersuchte System zugeschnittene Skala entworfen. Als Massstab dient hierbei nicht der Sauerstoffgehalt des Gewässers, sondern das Sauerstoffdefizit - definiert als Differenz zwischen der Sauerstoff-Sättigungskonzentration bei 10 °C (entspricht 11.3 mg Sauerstoff pro Liter) und dem effektiv gemessenen Wert. Als Grundlage für die Einteilung der Belastungsstufen haben wir uns an den Ansprüchen der Forellen orientiert: Forellen fühlen sich in einem Gewässer wohl, wenn der Sauerstoffgehalt bei 10 - 11 mg/l liegt; dies entspricht gemäss unserer gewählten Basis einem Sauerstoffdefizit von maximal 1.3 mg/l. Hier haben wir die Grenze zwischen "unbelastet" und "schwach belastet" gesetzt. Bei tieferen Werten werden die Tiere in ihrem Wohlbefinden beeinträchtigt, und bei Werten ab 4 mg/l und tiefer setzen Notatmungsmechanismen ein. Wir haben aus diesem Grund die Grenze zwischen "deutlicher" und "starker" Belastung etwas höher, nämlich bei 6 mg/l Sauerstoffgehalt, angesetzt. Bezüglich unserer Basis stellt eine Sauerstoffkonzentration von 6 mg/l ein Defizit von 5.3 mg/l dar. Die Grenze zwischen "schwach" und "deutlich" belastet haben wir in der Mitte der beiden zuvor definierten Werte, also bei einem Sauerstoffdefizit von 3.3 mg/l festgelegt. Tabelle 15 gibt einen Überblick über die von uns definierten Belastungsstufen bezüglich Sauerstoffdefizit.

Tabelle 15: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des Sauerstoffdefizits

	Beurteilung unbelastet	schwach belastet	deutlich belastet	stark belastet
Sauerstoffgehalt [mg/l]	>10.0	10.0 - 8.0	8.0 - 6.0	<6.0
Sauerstoffdefizit ¹⁾ [mg/l]	<1.3	1.3 - 3.3	3.3 - 5.3	>5.3

¹⁾ bezüglich der Sättigungskonzentration bei 10 °C (= 11.3 mg/l)

Gesamter (TOC) und gelöster (DOC) organisch gebundener Kohlenstoff

Der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff hat einen entscheidenden Einfluss auf den Zustand eines Fließgewässers. Im Zusammenhang mit Mischwasserentlastungen spielen vor allem gut abbaubare Verbindungen, welche vorwiegend aus nicht geklärten Abwässern stammen, eine wichtige Rolle. Deren rascher Abbau führt - wie im vorhergehenden Kapitel erläutert - zu einer starken Sauerstoffzehrung im Gewässer. Neben den Mischwasserentlastungen aus der Kanalisation gibt es weitere Quellen, welche zu einer Erhöhung des Kohlenstoffgehalts im Gewässer führen können. Hier sind einerseits landwirtschaftliche Abschwemmungen sowie die Erosion von unbefestigten Böden zu nennen. Andererseits gibt es aber auch einen natürlichen Eintrag, welcher von abgestorbenen Pflanzenteilen stammt, die bei intensivem Regen und zunehmender Wasserführung des Bachs von der Gewässersohle aufgewühlt und als ungelöste Stoffe im Wasser mitgeführt werden. Eindeutige Zuordnungen dieser C-Belastungen sind oft nur zeitlich und/oder örtlich begrenzt möglich.

Für die Einstufung der resultierenden Belastungen haben wir uns an die vorgeschlagene Beurteilungsskala in den "Empfehlungen über die Untersuchung der schweizerischen Oberflächengewässer" des EDI gehalten. Sie sind nachfolgend (Tabelle 16) aufgeführt.

Tabelle 16: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des DOC-Gehalts

	Beurteilung unbelastet	schwach belastet	deutlich belastet	stark belastet
DOC-Gehalt [mg/l]	<1.3	1.3 - 2.0	2.0 - 3.5	>3.5

Ammonium

Hauptquelle für Ammonium-Stickstoff ist das häusliche Abwasser. Aus diesem Grund ist der Ammonium-Stickstoffgehalt im Gewässer ein relativ zuverlässiger Parameter für die Beurteilung von Beeinflussungen des Vorfluters durch Mischwasserentlastungen. Neben dem häuslichen Abwasser kommen auch landwirtschaftliche Abschwemmungen als Ammonium-Quelle in Frage. Der Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse dürfte allerdings nicht gravierend sein.

Ammonium ist der dritte Parameter, anhand dessen wir eine grobe Einstufung der aus Mischwasserentlastungen resultierenden Gewässerbelastung vornehmen. Für die Beurteilung haben wir uns - wie bei DOC-Gehalt - auf die "Empfehlungen über die Untersuchung der schweizerischen Oberflächengewässer" des EDI abgestützt. Die Beurteilungsskala ist in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des Gehalts an Ammonium-Stickstoff

	Beurteilung unbelastet	schwach belastet	deutlich belastet	stark belastet
Ammonium-Gehalt [mg N/l]	<0.04	0.04 - 0.15	0.15 - 0.4	>0.4

Koliforme Keime

Koliforme Keime sind Bewohner des Darmtrakts von Menschen und Tieren. Über die Exkremente gelangen sie in die Gewässer. In einem unbelasteten Gewässer sind nur wenige solcher Keime aufzufinden (< 500 Keime/100 ml). Gereinigtes Abwasser von Kläranlagen oder landwirtschaftliche Einflüsse (Abschwemmungen aus dem Weidebetrieb oder der Düngung von Feldern mit Jauche oder Mist) führen zu einer Zunahme der Menge an koliformen Keimen im Gewässer (einige 1'000 bis einige 10'000 Keime/100 ml). Da unbehandeltes Abwasser sehr viele koliforme Keime enthält, lässt sich bei Mischwasserentlastungen eine sehr grosse Zahl an koliformen Keimen in einem Fliessgewässer nachweisen.

In Ermangelung einer Beurteilungsskala des Bundes haben wir auf Grund unserer Erfahrungen ein eigene Skala erstellt. Sie ist in Tabelle 18 aufgeführt.

Tabelle 18: Beurteilung der Gewässerbelastung aufgrund des Gehalts an koliformen Keimen

	Beurteilung unbelastet	schwach belastet	deutlich belastet	stark belastet
Koliforme Keime [Keime/100 ml]	<500	500 - 5'000	5'000 - 50'000	>50'000

Temperatur

Mischwasserentlastungen in einen Vorfluter können zu abrupten Temperaturschwankungen im Gewässer führen, da sich die Temperatur des entlasteten Mischwassers häufig von derjenigen des Vorfluters unterscheidet. Im Sommer führen solche Entlastungen in der Regel zu Temperaturerhöhungen, weil das von Dächern und Platzentwässerungen abfliessende Wasser eine Temperatur aufweist, welche deutlich über derjenigen des Fliessgewässers liegt. Temperaturschwankungen ergeben somit ebenfalls Hinweise auf Mischwasserentlastungen. Es ist aber zu beachten, dass sie auch aufgrund der dem Vorfluter direkt zugeführten Platz- und Dachentwässerungen (Sauberwasser) auftreten können. Wassertemperaturen über 20 °C können bei Forellen zu Schädigungen führen.

Gesamte ungelöste Stoffe

Für den Gehalt an gesamten ungelösten Stoffen gilt dasselbe wie für den DOC- und den TOC-Gehalt: Auch hier kommen verschiedene Quellen in Frage, so dass dieser Parameter ebenfalls nur bedingt Hinweise auf Mischwasserentlastungen liefern kann.

5.5 Beeinflussung einzelner Gewässerabschnitte durch Mischwasserentlastungen

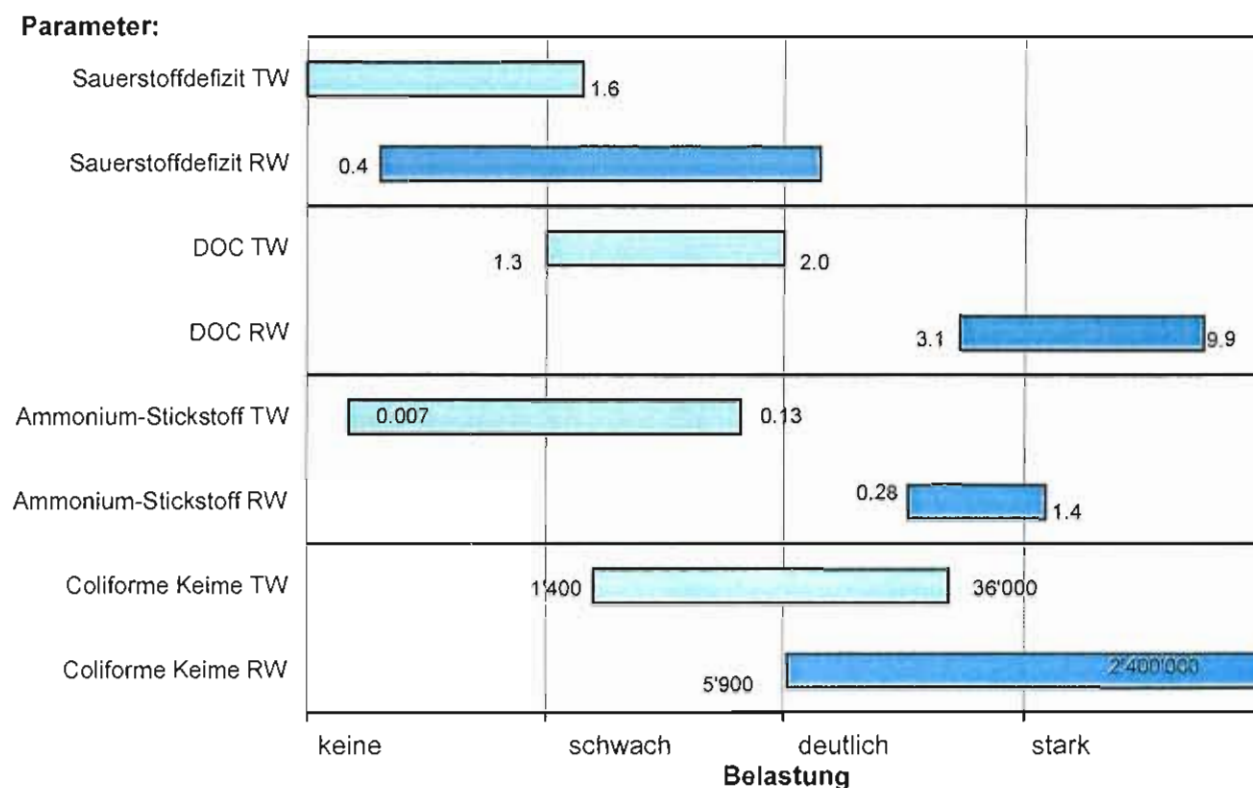
Gemäss den Unterlagen, welche uns das AIB zur Verfügung stellte, treten Mischwasserentlastungen vor allem im Bereich der 3 Frenken-Kläranlagen auf. Wir konzentrierten uns bei unserer Untersuchung deshalb auf die drei Gewässerabschnitte, welche sich unmittelbar im Einflussbereich dieser Kläranlagen befinden. Die Probenahmestellen wählten wir so, dass mit einer vollständigen Durchmischung des Mischwassers mit dem Bachwasser gerechnet werden konnte. Die genaue Lage der Probenahmestellen ist aus dem Übersichtsplan im Anhang ersichtlich. Im Folgenden diskutieren wir die Resultate der einzelnen Probenahmestellen.

5.5.1 Hintere Frenke unterhalb der ARA Reigoldswil

Die Probenahmestelle zur Erhebung der Regenwetterproben unterhalb der ARA Reigoldswil ist identisch mit der Probenahmestelle Nummer 10 der Trockenwetteruntersuchung. Bei Trockenwetter stufen wir diesen Abschnitt in chemischer Hinsicht als "unbelastet" bis "schwach belastet" ein. In hygienischer Hinsicht (koliforme Keime) ist zumindest zeitweise eine "deutliche Belastung" festzustellen (Beurteilungsmassstab gemäss Kapitel 5.4).

Bei Regenwetter ist anhand aller Parameter eine Zunahme der Belastung zu erkennen: Das Sauerstoffdefizit vergrössert sich in Folge der Entlastung von sauerstoffarmem Mischwasser, welches zudem noch grössere Anteile an gut abbaubarem organischem Material enthält. Dies wird auch durch den DOC-Gehalt des Bachwassers dokumentiert, welcher bei Regenwetter deutlich zunimmt. Eine sehr grosse Veränderung tritt auch beim Gehalt an Ammonium-Stickstoff ein. Wir ermittelten bei unseren Regenwetteruntersuchungen Werte zwischen 0.3 und 1.4 mg N/l. Diese liegen deutlich über den Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) Anhang 2 (0.2 mg N/l bei Temperaturen über 10° C). Ebenso tritt bezüglich Hygiene bei Regenwetter eine massive Verschlechterung ein: Werte von mehreren 100'000 Keimen pro 100 ml sind keine Seltenheit. Abbildung 50 veranschaulicht die bei Regenwetter eintretenden Veränderungen der Belastungssituation bei Probenahmestelle 10.

Abbildung 50: Belastung der Hinteren Frenke unterhalb der ARA Reigoldswil (Stelle 10), Vergleich zwischen Regen- (RW) und Trockenwetter (TW)



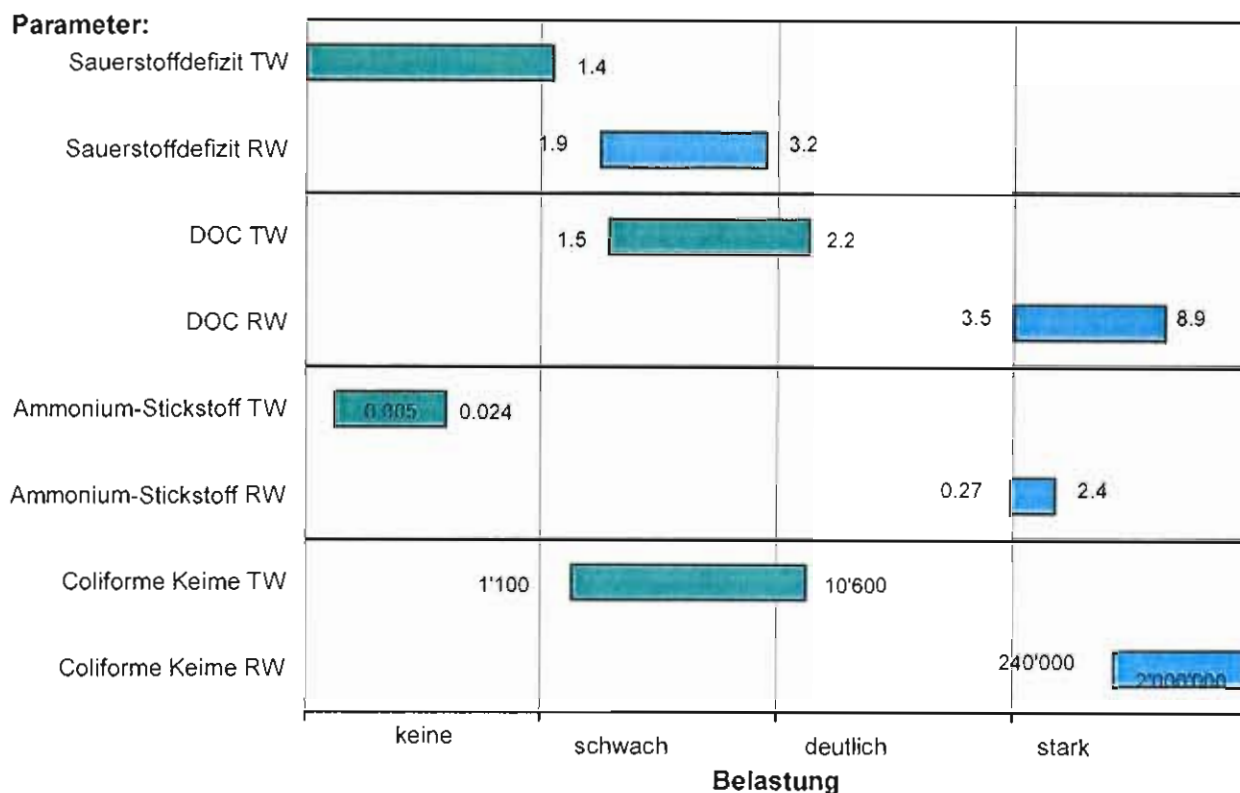
Die Zahlen in Abbildung 50 geben die gemessenen Tiefst- und Höchstwerte in mg/l, mg N/l bzw. Keimen/100 ml an. Die detaillierten Analysenresultate sind im Anhang zusammengestellt.

5.5.2 Vordere Frenke unterhalb der ARA Niederdorf

Die Probenahmestelle zur Erhebung der Regenwetterproben unterhalb der ARA Niederdorf ist identisch mit der Probenahmestelle Nummer 5 der Trockenwetteruntersuchung. Bezüglich der bei der Regenwetterstudie berücksichtigten Parameter ergibt sich bei Trockenwetter ein ähnliches Bild wie in Reigoldswil: Wir stufen diesen Abschnitt in chemischer Hinsicht als "unbelastet" bis "schwach belastet" ein. Im Gegensatz zu Reigoldswil konnten wir in Niederdorf nur selten Belastungen mit koliformen Keimen von mehr als 5'000 Keimen pro 100 ml feststellen. Dieser Abschnitt der Vorderen Frenke kann deshalb auch in hygienischer Hinsicht als "schwach belastet" eingestuft werden (Beurteilungsmassstab gemäss Kapitel 5.4).

Auch die Belastungszunahme bei Regenwetter erreicht ein ähnliches Ausmass wie in Reigoldswil: Das Sauerstoffdefizit vergrössert sich in Folge der Entlastung von Mischwasser um 1 bis 2 mg/l. Der DOC-Gehalt des Bachwassers steigt um mehrere Milligramm pro Liter an. Beim Gehalt an Ammonium-Stickstoff ermittelten wir Werte zwischen 0.3 und 2.4 mg N/l, welche somit deutlich über den Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) Anhang 2 (0.2 mg N/l bei Temperaturen über 10° C) liegen. Ebenso tritt bezüglich Hygiene bei Regenwetter eine massive Verschlechterung ein: Wir stellten bei allen Untersuchungen Werte von mehreren 100'000 Keimen pro 100 ml fest. Abbildung 51 veranschaulicht die bei Regenwetter eintretenden Veränderungen der Belastungssituation bei Probenahmestelle 5.

Abbildung 51: Belastung der Vorderen Frenke unterhalb der ARA Niederdorf (Stelle 5), Vergleich zwischen Regen- (RW) und Trockenwettersituation (TW)



Die Zahlen in Abbildung 51 geben die gemessenen Tiefst- und Höchstwerte in mg/l, mg N/l bzw. Keimen/100 ml an. Die detaillierten Analysenresultate sind im Anhang zusammengestellt.

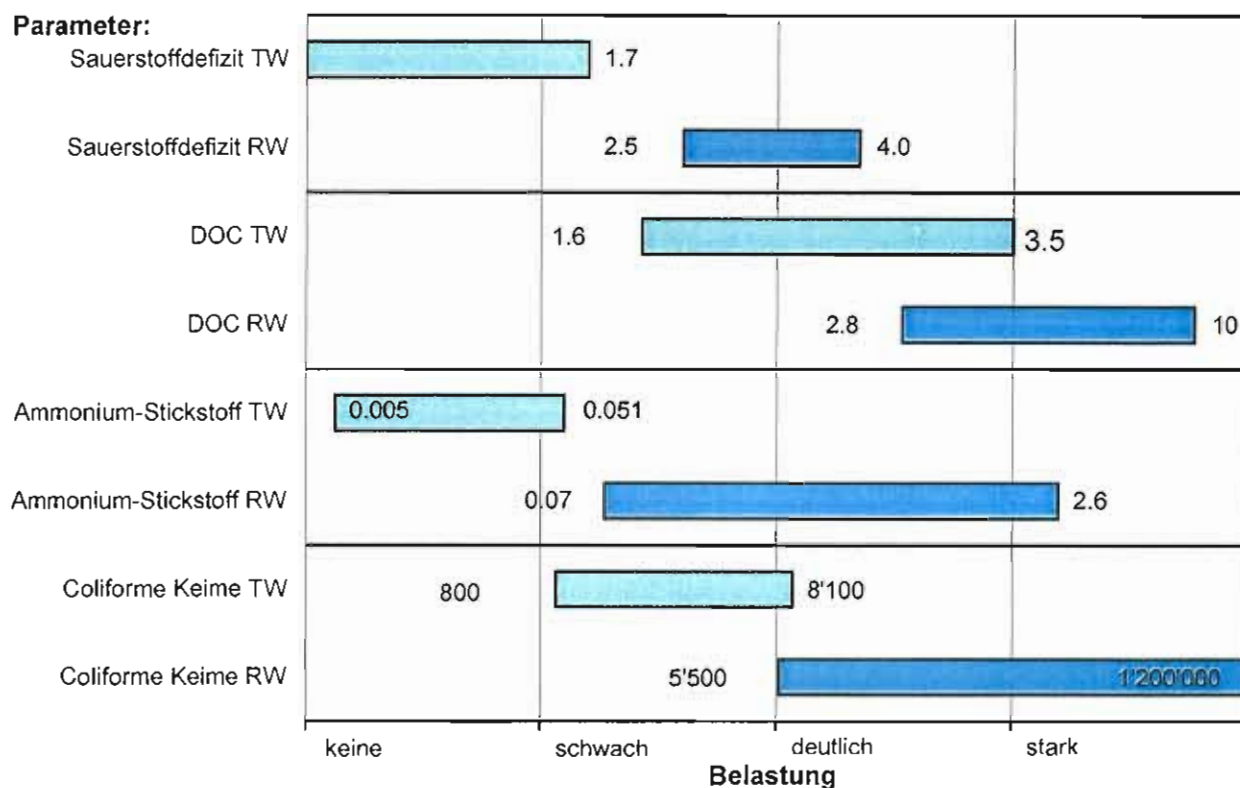
5.5.3 Vereinigte Frenke unterhalb der ARA Bubendorf

Die Probenahmestelle zur Erhebung der Regenwetterproben unterhalb der ARA Bubendorf korrespondiert mit der Probenahmestelle Nummer 2 der Trockenwetteruntersuchung. Der Einfluss der ARA Bubendorf auf die Vereinigte Frenke ist an dieser Stelle klar ersichtlich. Bezüglich der bei der Regenwetterstudie untersuchten Parameter lässt sich dieser Einfluss bei Trockenwetter vor allem anhand des DOC-Gehalts feststellen: Es liegt eine "deutliche" Belastung vor. Das Sauerstoffdefizit und der Gehalt an Ammonium-Stickstoff weisen in der Regel auf "unbelastete" Verhältnisse hin. Die Belastungen mit koliformen Keimen erreicht nur selten Werte von mehr als 5'000 Keimen pro 100 ml. Wir stufen diesen Abschnitt der Vereinigten Frenke deshalb in hygienischer Hinsicht als "schwach belastet" ein (Beurteilungsmassstab gemäss Kapitel 5.4).

Bei Regenwetter tritt eine starke Veränderung der Belastungssituation ein: Das Sauerstoffdefizit vergrössert sich in Folge der Mischwasserentlastungen um 2 bis 4 mg/l. Der DOC-Gehalt des Bachwassers steigt um mehrere Milligramm pro Liter an. Auch der Gehalt an Ammonium-Stickstoff kommt deutlich über die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) Anhang 2 zu liegen (0.2 mg N/l bei Temperaturen über 10° C). Wir ermittelten Werte bis zu 2.6 mg N/l. Ebenso tritt bezüglich der Hygiene bei Regenwetter eine massive Verschlechterung ein: Wir stellten bei unseren Untersuchungen

Werte zwischen einigen 1'000 und mehreren 100'000 Keimen pro 100 ml fest. Abbildung 52 veranschaulicht die bei Regenwetter eintretende Veränderung der Belastungssituation.

Abbildung 52: Belastung der Vereinigten Frenke unterhalb der ARA Niederdorf (Stelle 2), Vergleich zwischen Regen- (RW) und Trockenwettersituation (TW)



Die Zahlen in Abbildung 52 geben die gemessenen Tiefst- und Höchstwerte in mg/l, mg N/l bzw. Keimen/100 ml an. Die detaillierten Analysenergebnisse sind im Anhang zusammengestellt.

5.6 Frachtbetrachtungen

Anhand der Parameter Ammonium-Stickstoff, gesamter organisch gebundener Kohlenstoff, gelöster organisch gebundener Kohlenstoff und gesamte ungelöste Stoffe haben wir versucht, die durch die Regenentlastungen emittierten jährlichen Schmutzfrachten ungefähr zu beziffern. Als Grundlage für die Berechnungen dienten uns die im Mischwasser auftretenden mittleren Konzentrationen, welche wir auf der Basis unserer Untersuchungsergebnisse an der Birs⁸ grob abschätzten und anhand der Untersuchungsergebnisse aus der Mischwasserstudie in Aesch⁹ verifizierten. Sie sind in Tabelle 19 zusammengestellt.

⁸ "Birs - Beeinträchtigung durch Mischwasserentlastungen", AUE-Umweltschuttlabor, 1996

⁹ Untersuchung des AUE-Umweltschuttlabors in einem Teileinzugsgebiet von Aesch, 1998

Tabelle 19: Geschätzte mittlere Schmutzstoffkonzentrationen im entlasteten Mischwasser

Parameter	Ammonium-Stickstoff [mg N/l]	gesamte ungelöste Stoffe [mg/l]	gesamter organisch gebundener Kohlenstoff [mg/l]	gelöster organisch gebundener Kohlenstoff [mg/l]
Konzentration	2	50	15	10

Die Angaben über die jährlich entlasteten Mischwasserfrachten basieren auf den Berechnungen des Ingenieurbüros Rapp (Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet der drei Frenken-Anlagen). In Tabelle 20 sind die verschiedenen Mischwassermengen zusammengestellt. Es ergibt sich ein Total von knapp 720'000 m³ pro Jahr.

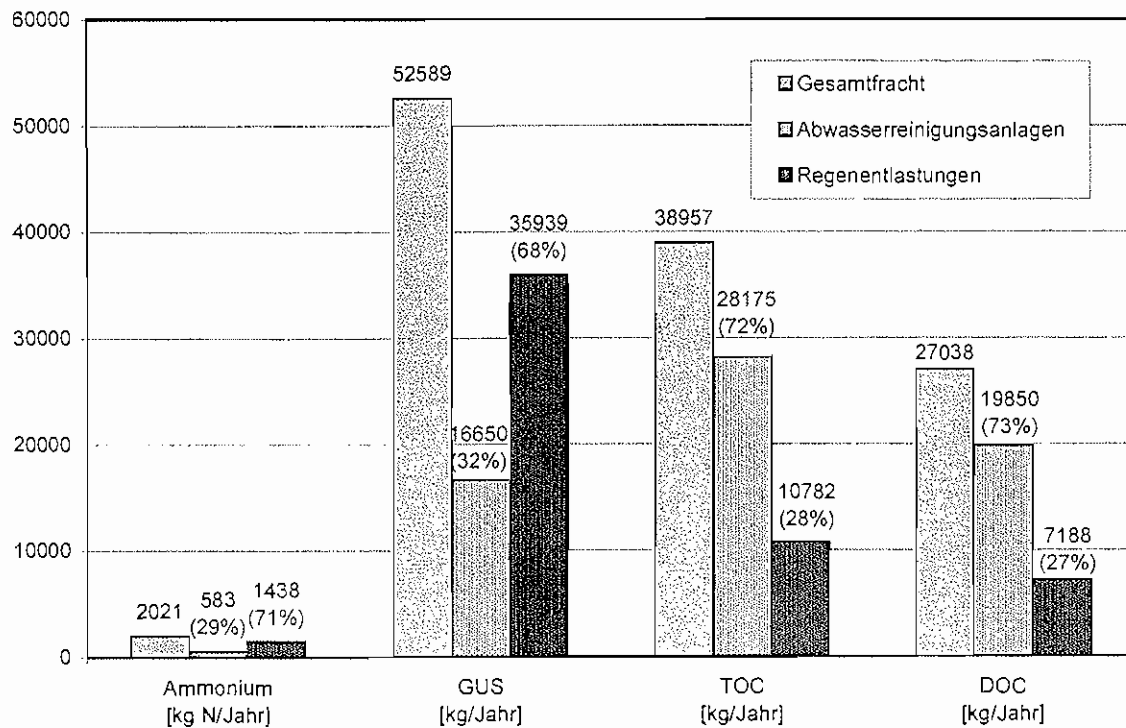
Tabelle 20: Entlastete Mischwassermengen

Entlastungsort	Menge [m ³ /Jahr]
Einzugsgebiet ARA Frenke 1	130'000
Einzugsgebiet ARA Frenke 2	214'000
Einzugsgebiet ARA Frenke 3	375'000
Total	719'000

Basierend auf diesen, zugegebenermassen mit Unsicherheiten behafteten Daten, lassen sich für die in Tabelle 19 erwähnten Parameter die mit dem Mischwasser jährlich emittierten Frachten berechnen. In Abbildung 53 haben wir diese aus den Mischwasserentlastungen im Einzugsgebiet der drei Frenken-Kläranlagen stammenden Jahresfrachten denjenigen aus der Abwasserreinigung¹⁰ gegenübergestellt.

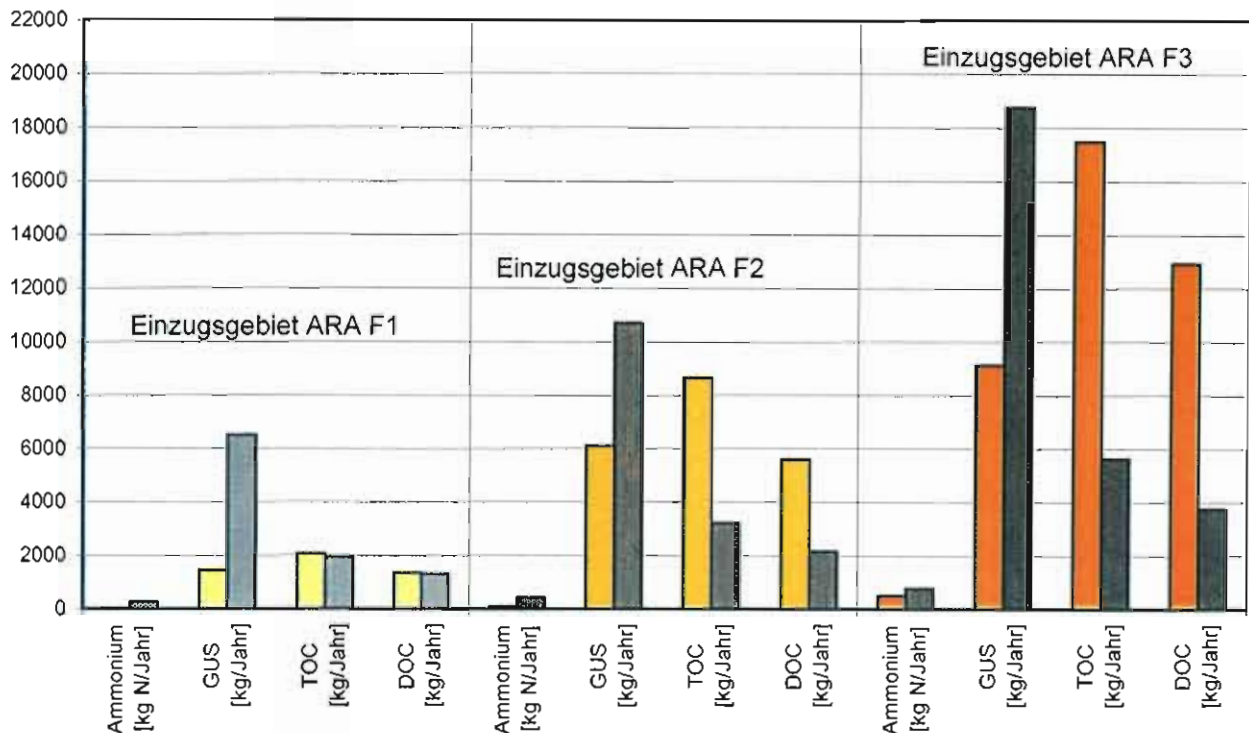
¹⁰ Berechnungen beruhen auf den Zahlen des Quartalsberichts 4/2000 des AIB

Abbildung 53: Vergleich der jährlich von den Frenken-Kläranlagen emittierten Schmutzstoff-Frachten mit den durch die Regenentlastungen im selben Einzugsgebiet emittierten Frachten. Die Zahlen in Klammern geben den prozentualen Anteil bezogen auf die Gesamtfracht an.



Eine etwas detailliertere Übersicht gibt Abbildung 54. Sie zeigt auf, wie sich die verschiedenen Schmutzstoff-Frachten auf die drei Kläranlagen bzw. deren Einzugsgebiete verteilen.

Abbildung 54: Schmutzstoff-Frachten, welche jährlich von den Frenken-Kläranlagen (farbige Säulen) bzw. den Regenentlastungen in deren Einzugsgebiet (graue Säulen) emittiert werden.



Dieser Vergleich ist speziell von Interesse, wenn man sich die zeitlichen Dimensionen verdeutlicht: Die Stofffrachten der ARA verteilen sich auf das ganze Jahr, also auf 365 Tage, währenddem Mischwasserentlastungen lediglich an einzelnen Tagen für wenige Stunden stattfinden. Während dieser kurzen Zeit - schätzungsweise 240 bis 360 Stunden - müssen die Frenken etwa 70 % der Ammonium-Jahresfracht, 70 % der Fracht an gesamten ungelösten Stoffen sowie knapp 30 % der TOC- bzw. DOC-Fracht aufnehmen und verkraften.

Über die Auswirkungen dieser Stossbelastungen auf die Biozönose können wir höchstens Vermutungen anstellen. Die Auswirkungen von permanenten Abwassereinleitungen und von temporären Stossbelastungen lassen sich nur in sehr ungünstigen Fällen, nämlich dann, wenn eine akute Schädigung durch eine Stossbelastung eintritt, unterscheiden. Insgesamt dürften aber die von uns beobachteten Mischwasserentlastungen für die Gewässerfauna kaum förderlich sein.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Zeitraum von Januar 2000 bis Januar 2001 haben wir die Frenken - Vordere und Hintere Frenke von ihren Quellen am Helfenberg bzw. im Gebiet Hintere Wasserfallen bis zur Mündung in die Ergolz bei Liestal als Vereinigte Frenke - unter die Lupe genommen. Die Untersuchung verfolgte mehrere Ziele:

- Beschreibung des aktuellen Zustands der Frenken bei quasi stationären Abflussverhältnissen (Trockenwetter)
- Abklärung der Beeinflussung der Wasserqualität der Frenken durch die Einleitung des gereinigten Abwassers der Kläranlagen
- Aufzeigen von Veränderungen der Wasserqualität der Frenken als Folge von einsetzendem Regen und daraus resultierender Mischwasserentlastungen des Kanalsystems

Wir führten hierzu bei Trockenwetter insgesamt 14 Erhebungen durch. Zudem untersuchten wir bei einsetzendem Regen mehrmals die Wasserqualität der Frenken im Nahbereich der drei Frenken-Kläranlagen. Die Untersuchungsergebnisse ergaben folgendes Bild:

Äusserer Aspekt

Hinsichtlich des äusseren Aspekts (Zustand der Bachsohle, Algenbewuchs, Trübungen, Schaum, usw.) lassen sich die Frenken grob in zwei Teilbereiche aufteilen: Oberhalb der beiden Kläranlagen in Niederdorf und Reigoldswil ist der äussere Aspekt der Vorderen und Hinteren Frenke mehrheitlich gut. Eine Ausnahme bildet die Probenahmestelle zwischen Oberdorf und Niederdorf, wo wir ein ziemlich üppiges Algenwachstum feststellten.

Unterhalb der Kläranlagen in Niederdorf und Reigoldswil ändert der äussere Aspekt signifikant: Entlastungsrückstände, welche bei Regenwetter über Entlastungsbauwerke der Kanalisationssysteme in die Frenken gelangen, prägen das Bild. Sie sind ab hier auf der ganzen Fließstrecke bis zur Mündung in die Ergolz festzustellen, treten aber vor allem unterhalb der drei Frenkenkläranlagen massiv in Erscheinung. Ebenso ist an vielen Stellen ein verstärktes Algenwachstum zu beobachten. Unterhalb der ARA Reigoldswil stellten wir zudem öfters heterotrophen Bewuchs (Abwasserpilz) fest.

Wasserqualität

Bei Trockenwetter dürfen die Frenken bezüglich der chemischen Hilfsgrößen Ammonium, Nitrat, Nitrit und gelöstem organisch gebundenem Kohlenstoff (DOC) weitgehend als unbelastet bis schwach belastet bezeichnet werden. Dies gilt für die Hintere Frenke auch für Phosphat und Gesamtphosphor. Wir haben also über weite Strecken den Zustand, welcher die eidgenössische Gewässerschutzverordnung anstrebt. Aber - keine Regel ohne Ausnahme: Die Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Niederdorf führt zu einer Erhöhung des Phosphorgehalts der Vorderen Frenke um mehr als eine Zehnerpotenz. Das Gewässer muss daher ab dieser Stelle bezüglich Phosphor als deutlich bis stark belastet bezeichnet werden. Weiter liegt der DOC-Gehalt der Vereinigten Frenke unterhalb der ARA Bubendorf fast ausnahmslos über der Toleranzlimite von 2 mg/l. Die Vereinigte Frenke weist daher von hier bis zur Mündung in die Ergolz eine deutliche DOC-Belastung auf.

Ganz anders präsentiert sich die Situation bei einsetzendem Regen: Mischwasserentlastungen aus den Kanalisationssystemen führen zu temporären Belastungsspitzen, welche weit über der Belastung bei Trockenwetter liegen. Basierend auf unseren Untersuchungen schätzen wir die Situation in den Frenkentalern folgendermassen ein: Im Einzugsgebiet der Frenken werden jährlich etwa 720'000 m³ Mischwasser entlastet. Davon gelangen rund 630'000 m³ im Nahbereich der drei Frenken-Kläranlagen in die Gewässer, wobei sich diese Menge ungefähr im Verhältnis 50:30:20 auf die Anlagen Bubendorf, Niederdorf und Reigoldswil aufteilt. Auf Grund des raschen Ansprechverhaltens der ARA-Vorentlastungen führt etwa jedes zweite Regenereignis zu mehr oder weniger starken Mischwasserentlastungen.

Pro Jahr dürften es 10 bis 20 gravierende und gegen 100 abgeschwächtere Entlastungsereignisse sein.

Die aus den Einzugsgebieten der Frenken-Anlagen entlastete Mischwassermenge entspricht mit 720'000 m³ pro Jahr gut 22 % der in den drei Abwasser-Reinigungsanlagen gereinigten Abwassermengen - eingeleitet wird diese Mischwassermenge jedoch in sehr kurzer Zeit und völlig ungereinigt. Als gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) gemessen beträgt die entlastete Mischwasserfracht schätzungsweise knapp 11 t pro Jahr, was etwa 38 % der ARA-Emissionen entspricht. Für die gesamten ungelösten Stoffe beträgt dieser entlastete Mischwasserfrachtanteil gar das Doppelte der entsprechenden ARA-Emissionen. Noch ungünstiger sieht der Vergleich bei den Ammoniumbelastungen als Folge der Mischwassereinleitungen aus. Hier liegt die Emission etwa um den Faktor 2.5 über den entsprechenden ARA-Emissionen. Überlagert wird die "Zeit-/Fracht-Beziehung" der Mischwassereinleitungen von der variablen Abwasserart: Mischwasser enthält typische Rohabwasser-Inhaltsstoffe, unter anderem gut biochemisch abbaubare Verbindungen. Als Folge der Einleitung solcher Stoffe sinkt der Sauerstoffgehalt in den Gewässern deutlich unter die sonst üblicherweise anzutreffenden Sättigungskonzentrationen. Demgegenüber dominieren im gereinigten Abwasser weniger gut abbaubare organische Stoffe. In ihrer ökologischen Auswirkung können diese Stoffe sehr unterschiedlich sein.

Hygiene

Bezüglich Hygiene machen sich in den Frenken die Zuflüsse gereinigter Abwässer bemerkbar: Jeweils unmittelbar unterhalb der Kläranlageneinläufe steigt die Zahl der Keime sprunghaft an. Besonders augenfällig ist dies unterhalb der ARA Reigoldswil. Durch Verdünnung und Elimination nimmt dann die Keimzahl jeweils wieder ab. Die mittlere Belastung der Frenken liegt etwa bei 100 bis 600 E.Coli-Bakterien bzw. 1'000 bis 3'000 koliformen Keimen pro 100 ml. An einzelnen Stellen betragen die E.Coli-Werte über 1000 Keime pro 100 ml; sie liegen somit ausserhalb des Bereichs „ideales Badegewässer“. (Für Badegewässer toleriert die Sanitätsbehörde bis 1000 E.Coli-Bakterien/100 ml).

Lebensraumgestaltung (Ökomorphologie)

Bei der Gestaltung der Frenken als Lebensraum (ökomorphologische Gestaltung) liegt einiges im Argen: Lediglich etwa ein Drittel der Gesamtlängsstrecke kann noch als naturnah oder wenig beeinträchtigt bezeichnet werden. Der Rest des Frenkenlaufs ist stark beeinträchtigt oder gar naturfremd gestaltet. Unzählige Schwellen und Abstürze hemmen den Lauf der Frenken und erschweren oder verhindern die Aufwärtswanderung von Gewässerorganismen. Harte Uferverbauungen führen zu einer Kanalisierung der Frenken und zu einer Verschlechterung der Land-Wasservernetzung, was sich ebenfalls negativ auf die aquatische Lebensgemeinschaft auswirkt. Ein grosser Teil der Seitenbäche ist durch Abstürze oder Eindolungen vollständig von den Frenken abgekoppelt, so dass auch hier eine Aufwärtswanderung von Gewässerorganismen fast unmöglich ist. Auch die Vereinigte Frenke selbst ist durch einen mehrere Meter hohen Absturz von der Ergolz abgekoppelt. Insgesamt ist bei den Frenken in ökomorphologischer Hinsicht ein grosses Defizit vorhanden. Wir haben dies im Bericht "Ökomorphologische Bestandesaufnahme der Frenken" detailliert ausgewiesen.

Biologie

Die Kleinlebewesen in den Frenken haben wir lediglich einer groben Betrachtung unterzogen. Detailliertere Resultate werden zur Zeit von einer externen Firma erarbeitet. Der entsprechende Bericht sollte Ende 2001 vorliegen. Unsere Übersichtsuntersuchung ergab folgenden Eindruck: Im Mittel- und Unterlauf der Frenken dominieren Arten, welche bezüglich Wasserqualität tolerant sind. Hierzu gehören beispielsweise die Bachflohkrebse, welche von einem üppigen Nahrungsangebot profitieren. Auch Egel sind vor allem unterhalb der Kläranlagenausläufe öfters anzutreffen. Im Oberlauf beider Frenken fanden wir auch Arten, welche

hohe Ansprüche an die Wasserqualität stellen. Hierzu gehören die grossen Steinfliegenlarven (*Perlodes* sp.), welche in den Baselbieter Gewässern eher selten aufzufinden sind. Im direkten Vergleich erschien uns die Hintere Frenke etwas artenreicher als die Vordere Frenke.

Zustand gestern und heute

Die letzte grössere Frenken-Untersuchung führten wir vor etwa 20 Jahren durch. Hierbei standen vor allem die chemischen Parameter im Vordergrund. Diesbezüglich stellen wir heute in den Frenken fast ausnahmslos geringfügige qualitative Verbesserungen fest. Lediglich unterhalb der ARA Bubendorf registrierten wir eine Zunahme des DOC-Gehalts. Wenn man bedenkt, dass sich in den letzten 20 Jahren die Abwasserfracht durch die Zunahme der Bevölkerung im Einzugsgebiet der Frenken in etwa verdoppelt hat, darf diese leichte Verbesserung als Erfolg für die Anstrengungen aller Beteiligten im Gewässerschutz gewertet werden.

Und morgen?

Auch wenn wir auf Erfolge des Gewässerschutzes in der Vergangenheit verweisen können, bleiben für die Zukunft noch einige Probleme zu lösen. Wir sehen die Notwendigkeit für Verbesserungen in folgenden Bereichen:

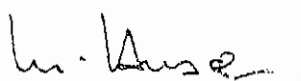
- **Ökomorphologie:** Diesbezüglich sind die Frenken in einem schlechten Zustand. Es gilt langfristig durch gezielte Verbesserungsmassnahmen den Lebensraum Frenken aufzuwerten.
- **Wasserqualität:** Die Wasserqualität bei Niederwasserführung der Frenken lässt in einzelnen Punkten noch zu wünschen übrig:

Der äussere Aspekt (heterotropher Bewuchs) und die hygienische Situation (koliforme Bakterien) im Nahbereich der ARA Reigoldswil sind unbefriedigend. Dies dürfte vor allem auf die hydraulische Überlastung der Anlage zurückzuführen sein. Diesbezügliche Verbesserungsmassnahmen sollten eingeleitet werden.

Die Phosphatbelastung der Vorderen Frenke durch die ARA Niederdorf ist beträchtlich; der Äussere Aspekt vermag nicht überall zu genügen (übermässiges Algenwachstum). Eine Reduktion der Phosphatbelastung ist anzustreben.

Die Vereinigte Frenke vermag unterhalb der ARA Bubendorf das Qualitätsziel in Bezug auf den DOC-Gehalt nicht zu erfüllen. Eine Reduktion der DOC-Emission ist anzustreben.
- **Mischwasserbehandlung:** Die Mischwasserbehandlung im Einzugsgebiet der Frenken-Kläranlagen ist praktisch inexistent. Die Auswirkungen auf die Frenken sind entsprechend gravierend. Die Planung und Umsetzung der Mischwasserbehandlung muss daher zügig an die Hand genommen werden.

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE
Fachstelle Oberflächengewässer



Dr. M. Huser



T. Amiet

Übersichtskarte Probenahmestellen Anhang

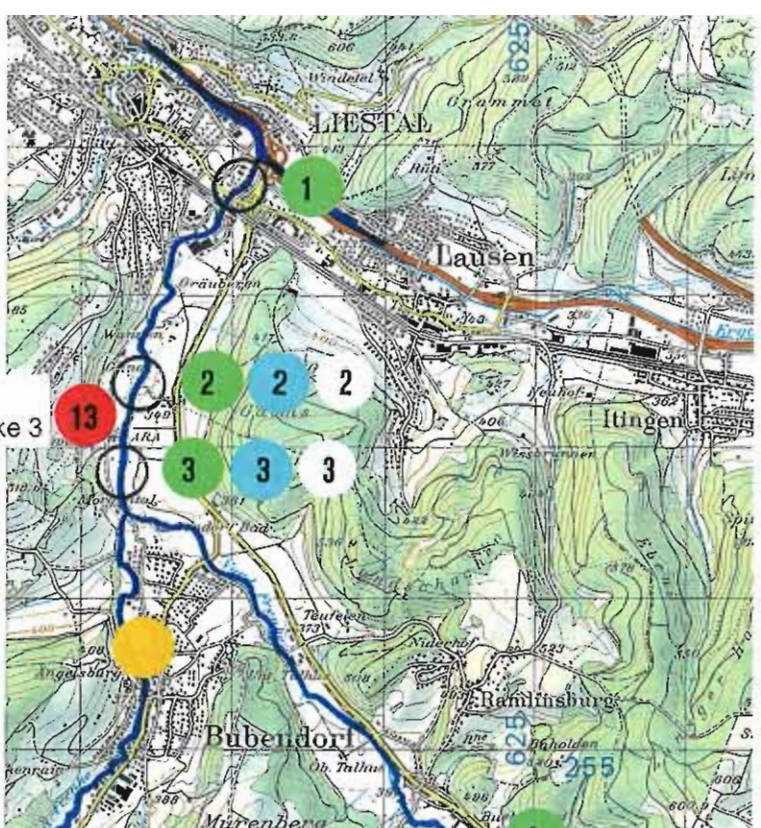
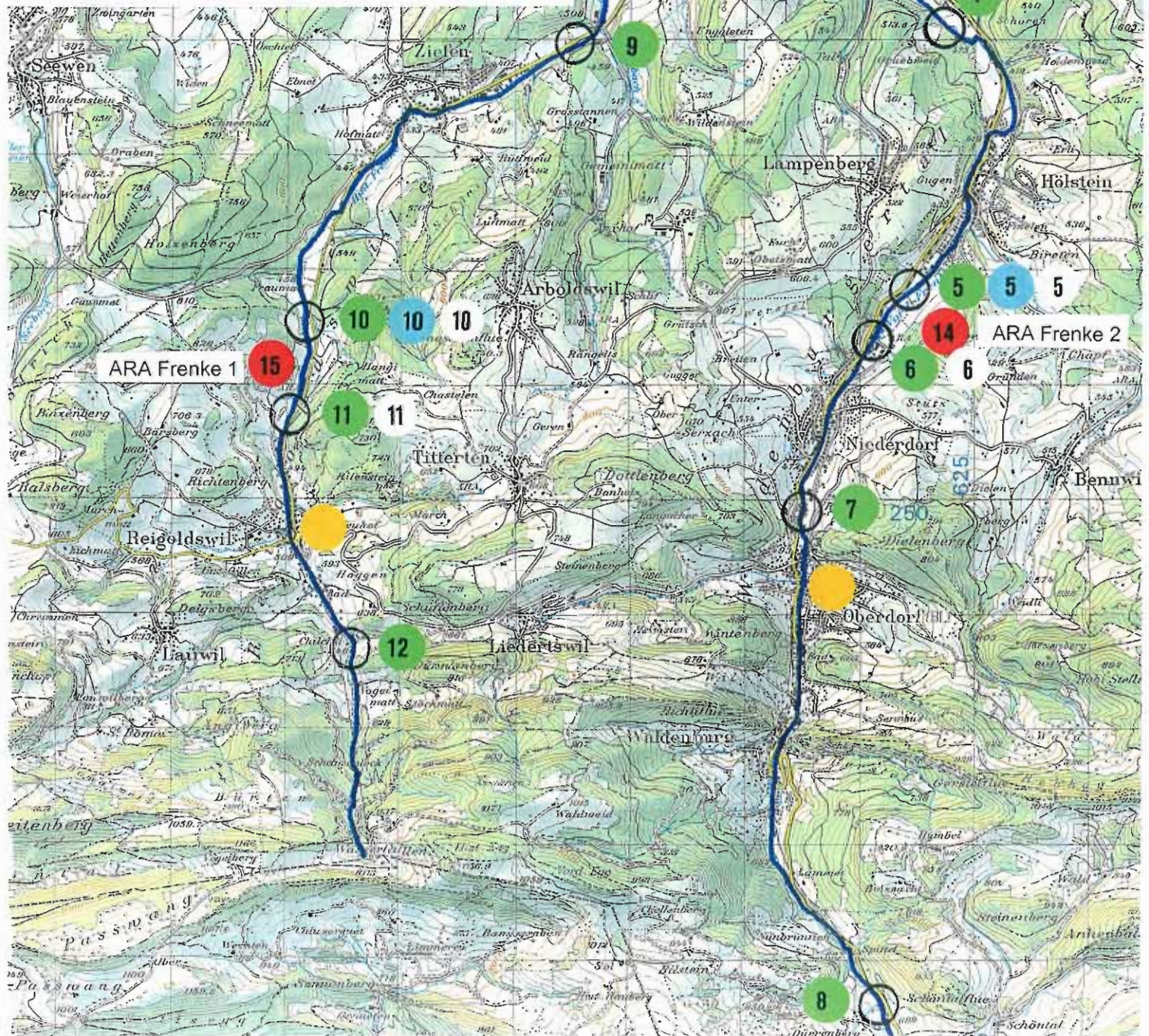
Legende:

- Probenahmestellen Trockenwettersituation (Chemie, äussere Aspekte, Hygiene)
- Probenahmestellen Regenwettersituation (Chemie, Hygiene)
- Probenahmestellen Biologie
- Probenahmestellen ARA-Ausläufe (Chemie, Hygiene)
- Standorte der Regenmesser

Masstab: 1 : 50 000

N

Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie (BA013102)



ARA Frenke 2

ARA Frenke 1

ARA Frenke 3

Stelle Nr.		Bezeichnung	Flie ssdistanz bis Ergolz [km]	Koordinaten
Bach	Zuflüsse			
Vereinigte Frenke				
1		150 m vor Ergolzmündung	0.150	623 150 / 258 800
2		400 m unterhalb ARA Bubendorf	1.850	622 450 / 257 500
	13	Zufluss ARA Bubendorf	2.250	622 300 / 257 150
3		50 m oberhalb ARA Bubendorf	2.300	622 300 / 257 100
		Zusammenfluss Vordere und Hintere Frenke	2.850	622 300 / 256 575
Vordere Frenke				
4		Bärenmatte Hölstein	6.700	624 800 / 254 100
5		350 m unterhalb ARA Niederdorf	9.900	624 400 / 251 750
	14	Zufluss ARA Niederdorf	10.250	624 175 / 251 500
6		50 m oberhalb ARA Niederdorf	10.300	624 150 / 251 450
7		unterhalb Oberdorf	12.250	623 500 / 249 700
8		Weiherrmatt Langenbruck	17.250	624 300 / 245 450
		Quellgebiet	19.500	
Hintere Frenke				
9		Beuggen oberhalb Bubendorf	6.250	621 550 / 253 950
10		500 m unterhalb ARA Reigoldswil	10.200	619 150 / 251 500
	15	Zufluss ARA Reigoldswil	10.700	619 125 / 251 050
11		50 m oberhalb ARA Reigoldswil	10.750	619 100 / 251 000
12		Chilchli oberhalb Reigoldswil	13.300	619 550 / 248 650
		Quellgebiet	15.400	

Abflussmengen Trockenwetter

Probe- nahme- datum:	Messstellen Vordere Frenke:		Messstellen Hintere Frenke:	
	Waldenburg [l/s]	Bubendorf, Talhus [l/s]	Reigoldswil [l/s]	Bubendorf, Morgental [l/s]
18. Jan 00	220	520	250	520
14. Feb 00	500	2040	680	1720
28. Feb 00	320	910	600	1020
14. Mrz 00	270	690	350	650
04. Apr 00	220	450	200	360
02. Mai 00	170	340	160	300
30. Mai 00	120	190	120	160
18. Jul 00	220	450	350	580
15. Aug 00	120	150	120	130
19. Sep 00	90	90	120	110
17. Okt 00	120	110	120	160
30. Nov 00	270	570	250	580
19. Dez 00	170	290	120	360
15. Jan 01	220	450	200	460
Mittelwert	216	515	260	446
Std.-Abw.	106	496	181	429

Temperatur

Probenahme- datum:	Probenahmestellen								Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:		
	Vordere Frenke: Stelle 8 [°C]	Stelle 7 [°C]	Stelle 6 [°C]	Stelle 5 [°C]	Stelle 4 [°C]	Stelle 12 [°C]	Stelle 11 [°C]	Stelle 10 [°C]	Stelle 9 [°C]	Stelle 3 [°C]	Stelle 2 [°C]	Stelle 1 [°C]		
18. Jan 00	6.7	7.1	6.7	6.9	6.1	5.8	6.4	6.5	6.6	6.2	6.3	6.3		
14. Feb 00	8.0	7.5	7.6	7.8	7.7	7.5	7.2	7.2	7.4	7.2	7.3	7.3		
28. Feb 00	8.3	8.4	9.5	9.8	9.8	8.2	7.7	7.5	7.0	6.7	6.7	6.4		
14. Mrz 00	8.6	9.2	9.0	9.1	8.4	8.7	8.6	8.0	8.4	8.3	8.3	8.3		
04. Apr 00	8.5	9.2	8.5	8.6	7.8	8.8	9.3	9.7	9.4	8.0	8.2	8.1		
02. Mai 00	10.3	11.6	11.9	12.4	12.3	10.7	12.0	12.0	12.4	12.4	12.5	12.7		
30. Mai 00	8.7	10.7	10.9	11.5	10.8	9.1	10.3	10.4	10.4	11.0	11.5	11.1		
18. Jul 00	10.1	10.8	11.2	11.6	11.2	9.9	11.2	11.7	11.9	11.4	11.6	11.5		
15. Aug 00	13.8	14.8	16.3	16.8	18.5	14.8	15.2	15.1	16.0	17.1	17.5	17.5		
19. Sep 00	11.5	12.7	13.6	16.6	14.7	11.2	11.4	12.3	11.8	13.0	13.7	13.1		
17. Okt 00	10.4	11.7	12.1	13.1	12.0	10.1	11.0	11.2	11.3	11.9	12.5	12.3		
30. Nov 00	8.9	9.1	9.3	9.7	9.1	8.9	8.7	8.6	8.1	8.0	8.4	8.1		
19. Dez 00	6.8	8.1	8.2	8.7	7.4	6.6	7.4	7.4	6.7	6.5	6.8	6.3		
15. Jan 01	6.0	5.0	4.9	5.1	5.1	4.0	4.2	4.2	3.9	3.7	3.9	3.5		
Mittelwert	9.0	9.7	10.0	10.6	10.1	8.9	9.3	9.4	9.4	9.4	9.7	9.5		
Stnd.-Abw.	2.1	2.5	2.9	3.4	3.6	2.6	2.8	2.9	3.1	3.5	3.7	3.7		

Temperatur (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [°C]	Reigoldswil Stelle 15 [°C]	Bubendorf Stelle 13 [°C]
18. Jan 00	9	7.5	9.4
14. Feb 00	8.9	7.9	8.4
28. Feb 00	10.8	8.5	9.3
14. Mrz 00	11	9.5	10.3
04. Apr 00	11.3	10.7	11.5
02. Mai 00	14.4	13.3	14.8
30. Mai 00	14.6	13.5	14.9
18. Jul 00	15.2	14.5	16.1
15. Aug 00	19.8	19.1	19.9
19. Sep 00	17.4	16.4	17.8
17. Okt 00	15.3	14.7	16.2
30. Nov 00	12	11	13
19. Dez 00	11.6	10.4	11.7
15. Jan 01	9	8	9.6
Mittelwert	12.9	11.8	13.1
Stnd.-Abw.	3.3	3.5	3.6

Anhang
Temperatur
(Fortsetzung)

Sauerstoff

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:				Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:			
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
18. Jan 00	11.9	12.2	12.3	12.4	13.0	12.9	12.8	12.8	12.3	13.2	13.1	14.3
14. Feb 00	11.4	12.2	12.6	12.6	12.6	11.5	11.8	11.7	11.6	11.7	12.0	11.9
28. Feb 00	11.3	12.4	11.9	12.8	12.9	11.4	11.5	11.6	12.0	11.9	12.3	12.1
14. Mrz 00	10.7	10.6	11.0	11.2	12.4	12.6	12.6	11.3	11.0	12.1	12.1	12.7
04. Apr 00	11.3	10.5	11.5	12.0	11.4	11.1	11.6	11.3	11.3	11.9	11.8	11.5
02. Mai 00	10.8	11.3	10.9	10.7	11.3	10.8	12.1	11.3	11.4	10.3	10.1	10.0
30. Mai 00	11.2	10.4	10.6	9.9	10.8	11.2	11.1	10.7	11.0	11.0	11.0	10.8
18. Jul 00	9.7	10.3	10.6	10.8	10.7	10.6	10.5	10.4	10.7	10.5	11.2	11.4
15. Aug 00	9.4	10.3	10.2	10.0	8.9	10.1	10.4	10.1	10.2	10.2	9.6	9.8
19. Sep 00	9.6	9.6	9.5	10.3	9.2	9.8	10.2	9.7	9.9	10.2	9.7	10.1
17. Okt 00	9.6	9.9	9.6	10.5	10.0	10.2	10.6	10.0	10.2	10.7	9.9	9.9
30. Nov 00	10.5	11.6	11.7	11.5	12.2	11.2	11.9	11.6	12.1	12.5	12.1	12.4
19. Dez 00	11.5	11.5	11.7	11.5	12.5	12.1	12.0	11.7	12.6	12.6	12.3	12.6
15. Jan 01	10.9	11.8	12.4	12.0	13.1	11.8	12.3	12.6	12.9	13.3	13.3	13.6
Mittelwert	10.7	11.0	11.2	11.3	11.5	11.2	11.5	11.2	11.4	11.6	11.5	11.7
Std.-Abw.	0.8	0.9	1.0	1.0	1.4	0.9	0.8	0.9	0.9	1.1	1.2	1.4
80%-Wert *)	9.6	10.3	10.2	10.3	10.0	10.2	10.5	10.1	10.2	10.3	9.9	10.0

*) Näherung

Anhang
Sauerstoff

Sauerstoff (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg/l]
18. Jan 00	8.1	5.5	8.5
14. Feb 00	8.6	7.8	8.5
28. Feb 00	7.1	6.8	8.3
14. Mrz 00	6.0	4.5	7.0
04. Apr 00	6.3	4.5	8.2
02. Mai 00	4.8	3.7	7.5
30. Mai 00	6.1	4.6	7.1
18. Jul 00	8.0	4.8	7.6
15. Aug 00	7.2	4.4	7.5
19. Sep 00	6.1	4.4	6.8
17. Okt 00	6.2	4.2	7.4
30. Nov 00	7.3	4.8	7.3
19. Dez 00	6.8	4.0	7.5
15. Jan 01	6.8	4.4	7.8
Mittelwert	6.8	4.9	7.6
Stnd.-Abw.	1.0	1.1	0.5
80%-Wert ^{*)}	6.1	4.2	7.1

^{*)} Näherung

pH-Wert

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											Vereinigte Frenke:		
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Stelle 9					Stelle 2	Stelle 1	
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1		
18. Jan 00	8.4	8.7	8.8	8.7	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7		
14. Feb 00	8.4	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.8	8.8	8.8	8.8		
28. Feb 00	8.4	8.8	8.8	8.8	8.9	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7		
14. Mrz 00	8.4	8.6	8.8	8.7	8.9	8.8	8.8	8.7	8.8	8.8	8.8	8.8		
04. Apr 00	8.4	8.5	8.7	8.7	8.8	8.9	8.8	8.8	9.0	8.7	8.6	8.8		
02. Mai 00	8.3	8.4	8.6	8.5	8.7	8.7	8.7	8.7	8.8	8.6	8.5	8.6		
30. Mai 00	8.4	8.2	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.5	8.4	8.3	8.4		
18. Jul 00	7.9	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.5	8.4	8.4	8.5		
15. Aug 00	8.2	8.2	7.8	8.4	8.5	8.2	8.1	8.3	8.0	8.2	8.4	8.3		
19. Sep 00	8.0	8.1	8.3	8.4	8.6	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.1	8.4		
17. Okt 00	7.9	8.2	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.1	8.2		
30. Nov 00	8.0	8.4	8.5	8.5	8.6	8.5	8.4	8.4	8.4	8.5	8.4	8.5		
19. Dez 00	8.2	8.4	8.5	8.5	8.7	8.5	8.5	8.4	8.5	8.5	8.4	8.5		
15. Jan 01	8.1	8.4	8.5	8.5	8.6	8.4	8.4	8.3	8.2	8.4	8.4	8.5		
Mittelwert	8.2	8.4	8.5	8.5	8.7	8.6	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5		
Stnd.-Abw.	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2		

Anhang

pH-Wert

pH-Wert (Fortsetzung)

Probenahme-datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14	Reigoldswil Stelle 15	Bubendorf Stelle 13
18. Jan 00	7.8	7.7	7.6
14. Feb 00	7.8	8.0	7.9
28. Feb 00	7.8	7.8	7.7
14. Mrz 00	7.7	7.7	7.7
04. Apr 00	7.7	7.6	7.5
02. Mai 00	7.5	7.4	7.5
30. Mai 00	7.4	7.4	7.5
18. Jul 00	7.5	7.6	7.5
15. Aug 00	8.1	8.0	8.1
19. Sep 00	7.4	7.4	7.5
17. Okt 00	7.3	7.3	7.4
30. Nov 00	7.4	7.5	7.5
19. Dez 00	7.4	7.4	7.4
15. Jan 01	7.4	7.4	7.4
Mittelwert	7.6	7.6	7.6
Std.-Abw.	0.2	0.2	0.2

Anhang

pH-Wert
(Fortsetzung)

Elektrische Leitfähigkeit

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:				Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:			
	Stelle 8 [µS/cm]	Stelle 7 [µS/cm]	Stelle 6 [µS/cm]	Stelle 5 [µS/cm]	Stelle 4 [µS/cm]	Stelle 12 [µS/cm]	Stelle 11 [µS/cm]	Stelle 10 [µS/cm]	Stelle 9 [µS/cm]	Stelle 3 [µS/cm]	Stelle 2 [µS/cm]	Stelle 1 [µS/cm]
18. Jan 00	428	590	613	659	607	328	488	496	463	528	539	532
14. Feb 00	390	430	460	470	470	310	420	430	430	450	450	450
28. Feb 00	400	510	530	550	530	300	430	430	430	490	490	490
14. Mrz 00	410	580	600	630	590	300	450	450	440	510	520	510
04. Apr 00	482	710	731	784	726	349	547	548	502	613	637	617
02. Mai 00	502	766	794	840	759	363	566	574	547	623	632	598
30. Mai 00	462	835	857	919	841	388	600	604	564	660	688	669
18. Jul 00	484	620	644	676	626	349	485	494	484	548	560	555
15. Aug 00	490	850	738	860	822	346	548	585	533	614	746	661
19. Sep 00	516	785	808	918	815	376	595	625	579	655	754	709
17. Okt 00	520	730	750	840	740	360	560	570	550	630	690	660
30. Nov 00	455	539	580	607	573	327	475	473	470	512	531	533
19. Dez 00	488	652	670	733	656	343	532	539	512	558	584	579
15. Jan 01	440	560	590	630	590	330	480	480	470	530	540	520
Mittelwert	462	654	669	723	668	341	513	521	498	566	597	577
Stnd.-Abw.	43	128	115	141	117	27	59	65	50	66	95	77

Elektrische Leitfähigkeit (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [$\mu\text{S/cm}$]	Reigoldswil Stelle 15 [$\mu\text{S/cm}$]	Bubendorf Stelle 13 [$\mu\text{S/cm}$]
18. Jan 00	1040	587	859
14. Feb 00	570	580	490
28. Feb 00	790	620	670
14. Mrz 00	960	560	720
04. Apr 00	1170	671	970
02. Mai 00	1140	692	801
30. Mai 00	1195	694	1000
18. Jul 00	1037	643	834
15. Aug 00	1280	728	1140
19. Sep 00	1331	719	1110
17. Okt 00	1220	680	1160
30. Nov 00	947	612	879
19. Dez 00	1070	657	962
15. Jan 01	960	620	840
Mittelwert	1051	647	888
Std.-Abw.	202	53	188

Anhang

Leitfähigkeit
(Fortsetzung)

Gesamte ungelöste Stoffe (GUS)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:				Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:			
	Stelle 8 [mg/l]	Stelle 7 [mg/l]	Stelle 6 [mg/l]	Stelle 5 [mg/l]	Stelle 4 [mg/l]	Stelle 12 [mg/l]	Stelle 11 [mg/l]	Stelle 10 [mg/l]	Stelle 9 [mg/l]	Stelle 3 [mg/l]	Stelle 2 [mg/l]	Stelle 1 [mg/l]
18. Jan 00	1.8	3.0	3.2	4.2	3.2	0.8	2.6	5.2	3.0	2.8	2.8	3.2
14. Feb 00	8.6	18.0	19.0	19.0	17.0	5.0	7.0	8.2	17.0	15.0	19.0	17.0
28. Feb 00	3.4	5.4	5.2	5.4	4.2	2.4	3.8	6.6	5.0	5.0	5.6	5.6
14. Mrz 00	3.4	20.0	4.0	4.6	3.2	1.8	2.6	4.8	3.0	2.7	2.6	3.0
04. Apr 00	2.6	65.0	6.7	5.8	4.8	1.4	2.0	3.4	2.2	2.6	3.0	2.4
02. Mai 00	2.8	1.6	2.8	5.2	2.8	1.0	2.2	3.6	5.8	5.2	7.6	8.2
30. Mai 00	2.8	2.0	4.6	4.0	2.8	0.6	3.0	3.0	5.0	2.4	4.0	2.5
18. Jul 00	3.7	4.8	5.8	6.4	7.1	2.0	6.4	8.2	6.7	5.4	6.0	7.0
15. Aug 00	14.0	2.4	4.6	5.6	3.8	0.6	2.0	5.2	5.6	2.8	5.6	2.8
19. Sep 00	3.2	2.2	2.8	2.8	2.2	0.6	1.8	2.6	1.6	0.4	1.4	1.4
17. Okt 00	2.4	2.0	2.4	3.6	1.4	0.6	2.0	4.6	1.8	1.4	1.4	1.8
30. Nov 00	2.0	2.6	4.8	3.4	3.0	1.0	3.4	4.4	3.2	2.8	3.8	3.6
19. Dez 00	2.2	1.6	2.0	2.4	2.0	0.8	4.0	3.6	2.6	1.4	2.4	2.0
15. Jan 01	1.2	2.8	2.8	14.6	14.4	2.0	4.2	4.6	3.6	1.8	3.0	2.8
Mittelwert	3.9	9.5	5.1	6.2	5.1	1.5	3.4	4.9	4.7	3.7	4.9	4.5
Std.-Abw.	3.4	17.0	4.2	4.7	4.7	1.2	1.6	1.7	3.9	3.6	4.5	4.1
80%-Wert ¹⁾	3.7	18.0	5.8	6.4	7.1	2.0	4.2	6.6	5.8	5.2	6.0	7.0

¹⁾ Näherung

Anhang
gesamte
ungelöste
Stoffe
(GUS)

Gesamte ungelöste Stoffe (GUS) (Fortsetzung)

Probenahmedatum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg/l]
18. Jan 00	4.9	18.0	4.5
14. Feb 00	4.0	37.0	9.5
28. Feb 00	2.0	44.0	3.8
14. Mrz 00	4.2	24.0	3.8
04. Apr 00	3.6	7.2	6.0
02. Mai 00	9.2	6.6	6.0
30. Mai 00	5.6	4.6	7.3
18. Jul 00	7.0	14.4	3.3
15. Aug 00	6.6	6.2	4.6
19. Sep 00	2.6	7.8	3.8
17. Okt 00	3.5	7.8	4.7
30. Nov 00	4.0	14.3	5.3
19. Dez 00	4.4	9.4	7.0
15. Jan 01	5.6	25.0	6.0
Mittelwert	4.8	16.2	5.4
Stnd.-Abw.	1.9	12.2	1.7
80%-Wert *)	6.6	25.0	7.0

*) Näherung

Anhang
gesamte
ungelöste
Stoffe
(GUS)
(Fortsetzung)

Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:					
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
18. Jan 00	1.2	1.3	1.3	1.7	1.7	1.3	1.3	1.6	1.3	1.5	1.7	1.6
14. Feb 00	2.1	2.2	2.3	2.3	2.3	1.7	1.7	2.0	1.9	2.2	2.4	2.4
28. Feb 00	1.5	1.7	1.6	1.8	1.7	1.5	1.4	2.2	1.6	1.7	2.0	1.6
14. Mrz 00	1.1	1.3	1.3	1.5	1.6	1.2	1.2	1.5	1.4	1.5	1.8	1.8
04. Apr 00	1.2	1.5	1.3	1.8	1.7	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	3.1	2.4
02. Mai 00	1.1	1.1	1.3	2.0	2.0	1.2	1.3	1.5	1.6	2.4	2.7	3.1
30. Mai 00	1.5	1.0	1.2	2.2	1.6	1.2	1.2	1.5	1.5	1.7	2.2	1.9
18. Jul 00	1.7	1.5	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	1.8	1.9	2.1
15. Aug 00	4.7	1.4	1.3	1.9	2.1	1.6	1.5	1.7	1.6	1.7	3.7	2.2
19. Sep 00	1.3	1.2	1.3	1.9	1.7	1.2	1.1	1.4	1.4	1.6	2.7	2.2
17. Okt 00	1.8	1.6	1.6	2.4	2.0	1.6	1.5	1.8	1.8	2.0	2.8	2.3
30. Nov 00	1.7	1.6	1.6	1.8	1.8	1.4	1.5	1.7	1.6	1.8	1.9	1.9
19. Dez 00	1.3	1.2	1.3	2.0	1.7	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	2.0	2.1
15. Jan 01	1.4	1.3	1.3	1.7	1.7	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.7	1.7
Mittelwert	1.7	1.4	1.5	1.9	1.8	1.4	1.4	1.6	1.6	1.7	2.3	2.1
Std.-Abw.	0.9	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.4
80%-Wert ^{*)}	1.8	1.6	1.6	2.2	2.0	1.6	1.5	1.8	1.8	2.0	2.8	2.4

^{*)} Näherung

Anhang
gesamter
organisch
gebundener
Kohlenstoff
(TOC)

Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg/l]
18. Jan 00	5.7	10.6	7.3
14. Feb 00	3.3	14.0	4.7
28. Feb 00	4.1	23.0	4.1
14. Mrz 00	4.4	9.6	7.0
04. Apr 00	5.4	5.2	25.0
02. Mai 00	5.3	5.0	5.7
30. Mai 00	6.0	4.4	7.6
18. Jul 00	3.9	7.1	5.4
15. Aug 00	5.5	4.7	6.4
19. Sep 00	4.4	4.1	6.5
17. Okt 00	5.3	4.7	9.5
30. Nov 00	4.0	6.1	7.0
19. Dez 00	5.1	4.6	8.3
15. Jan 01	4.2	5.4	5.0
Mittelwert	4.8	7.8	7.8
Stnd.-Abw.	0.8	5.3	5.2
80%-Wert ^{*)}	5.5	10.6	8.3

^{*)} Näherung

Anhang
gesamter
organisch
gebundener
Kohlenstoff
(TOC)
(Fortsetzung)

Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:					
	Stelle 8 [mg/l]	Stelle 7 [mg/l]	Stelle 6 [mg/l]	Stelle 5 [mg/l]	Stelle 4 [mg/l]	Stelle 12 [mg/l]	Stelle 11 [mg/l]	Stelle 10 [mg/l]	Stelle 9 [mg/l]	Stelle 3 [mg/l]	Stelle 2 [mg/l]	Stelle 1 [mg/l]
18. Jan 00	1.2	1.3	1.3	1.6	1.7	1.2	1.2	1.6	1.3	1.4	1.7	1.5
14. Feb 00	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	1.6	1.5	1.9	1.8	2.0	2.1	2.3
28. Feb 00	1.4	1.6	1.5	1.7	1.7	1.5	1.4	2.0	1.6	1.7	2.0	1.6
14. Mrz 00	1.1	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2	1.1	1.5	1.3	1.5	1.6	1.7
04. Apr 00	1.2	1.2	1.2	1.7	1.7	1.1	1.1	1.4	1.5	1.6	3.1	2.3
02. Mai 00	1.1	1.1	1.2	1.9	2.0	1.2	1.2	1.5	1.5	2.2	2.6	3.1
30. Mai 00	1.5	1.0	1.1	2.1	1.6	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	2.1	1.9
18. Jul 00	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.6	1.6	1.7	1.6	1.8	1.9	2.1
15. Aug 00	4.5	1.3	1.2	1.7	2.1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	3.5	2.1
19. Sep 00	1.2	1.1	1.2	1.8	1.6	1.2	1.0	1.4	1.3	1.6	2.6	2.1
17. Okt 00	1.7	1.5	1.5	2.2	2.0	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	2.8	2.3
30. Nov 00	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8	1.4	1.4	1.6	1.5	1.6	1.9	1.8
19. Dez 00	1.2	1.2	1.3	1.9	1.7	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5	2.0	2.0
15. Jan 01	1.3	1.3	1.3	1.5	1.6	1.4	1.2	1.3	1.2	1.4	1.6	1.6
Mittelwert	1.6	1.4	1.4	1.8	1.8	1.3	1.3	1.6	1.5	1.7	2.3	2.0
Std.-Abw.	0.9	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4
80%-Wert ^{*)}	1.7	1.5	1.6	2.1	2.0	1.6	1.5	1.7	1.6	1.9	2.8	2.3

^{*)} Näherung

Anhang
gelöster
organisch
gebundener
Kohlenstoff
(DOC)

Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg/l]
18. Jan 00	5.1	10.1	6.9
14. Feb 00	2.9	12.0	4.5
28. Feb 00	3.9	16.0	3.9
14. Mrz 00	4.1	8.7	6.9
04. Apr 00	5.1	4.6	25.0
02. Mai 00	4.7	4.5	5.5
30. Mai 00	5.5	4.1	7.2
18. Jul 00	3.5	6.6	5.0
15. Aug 00	4.3	4.0	5.8
19. Sep 00	4.0	3.8	6.3
17. Okt 00	4.7	4.2	8.9
30. Nov 00	3.7	5.1	6.8
19. Dez 00	4.6	3.9	7.8
15. Jan 01	4.0	3.8	5.0
Mittelwert	4.3	6.5	7.5
Stnd.-Abw.	0.7	3.8	5.2
80%-Wert ^{*)}	5.1	10.1	7.8

^{*)} Näherung

Anhang
gelöster
organisch
gebundener
Kohlenstoff
(DOC)
(Fortsetzung)

Ammonium-Stickstoff

Probenahme-datum:	Probenahmestellen								Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:		
	Stelle 8 [mg N/l]	Stelle 7 [mg N/l]	Stelle 6 [mg N/l]	Stelle 5 [mg N/l]	Stelle 4 [mg N/l]	Stelle 12 [mg N/l]	Stelle 11 [mg N/l]	Stelle 10 [mg N/l]	Stelle 9 [mg N/l]	Stelle 3 [mg N/l]	Stelle 2 [mg N/l]	Stelle 1 [mg N/l]		
18. Jan 00	0.007	0.006	0.008	0.010	0.020	0.005	0.006	0.110	0.028	0.008	0.051	0.045		
14. Feb 00	0.016	0.014	0.014	0.021	0.012	0.008	0.005	0.084	0.037	0.009	0.032	0.034		
28. Feb 00	0.005	0.010	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.110	0.015	0.005	0.005	0.005		
14. Mrz 00	0.010	0.006	0.007	0.006	0.005	0.005	0.006	0.064	0.008	0.005	0.007	0.010		
04. Apr 00	0.012	0.011	0.008	0.020	0.006	0.007	0.009	0.014	0.009	0.006	0.048	0.019		
02. Mai 00	0.012	0.008	0.010	0.014	0.010	0.007	0.012	0.038	0.016	0.015	0.042	0.057		
30. Mai 00	0.019	0.014	0.016	0.024	0.018	0.007	0.016	0.020	0.021	0.016	0.033	0.028		
18. Jul 00	0.007	0.009	0.008	0.010	0.009	0.005	0.009	0.071	0.017	0.014	0.010	0.015		
15. Aug 00	0.075	0.013	0.011	0.011	0.012	0.005	0.008	0.015	0.010	0.012	0.420 ²⁾	0.015		
19. Sep 00	0.022	0.013	0.011	0.008	0.009	0.007	0.007	0.015	0.009	0.009	0.027	0.008		
17. Okt 00	0.066	0.010	0.008	0.007	0.006	0.004	0.007	0.027	0.011	0.007	0.019	0.011		
30. Nov 00	0.013	0.007	0.015	0.014	0.009	0.006	0.007	0.130	0.011	0.005	0.007	0.009		
19. Dez 00	0.014	0.007	0.007	0.005	0.005	0.004	0.005	0.011	0.009	0.005	0.008	0.006		
15. Jan 01	0.006	0.005	0.008	0.008	0.011	0.004	0.005	0.007	0.006	0.007	0.008	0.010		
Mittelwert	0.020	0.010	0.010	0.012	0.010	0.006	0.008	0.051	0.015	0.009	0.023	0.019		
Stnd.-Abw.	0.022	0.003	0.003	0.006	0.005	0.001	0.003	0.043	0.009	0.004	0.017	0.016		
80%-Wert ¹⁾	0.022	0.013	0.014	0.020	0.012	0.007	0.009	0.110	0.021	0.014	0.048	0.034		

¹⁾ Näherung

²⁾ Ausreisser, bei Mittelwertbildung nicht berücksichtigt

Ammonium-Stickstoff (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg N/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg N/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg N/l]
18. Jan 00	0.047	2.30	1.10
14. Feb 00	0.240	2.50	0.63
28. Feb 00	0.066	3.00	0.02
14. Mrz 00	0.027	1.90	0.06
04. Apr 00	0.230	0.12	0.83
02. Mai 00	0.051	0.64	0.32
30. Mai 00	0.036	0.11	0.14
18. Jul 00	0.027	1.97	0.05
15. Aug 00	0.023	0.06	0.06
19. Sep 00	0.032	0.08	0.14
17. Okt 00	0.027	0.64	0.12
30. Nov 00	0.024	1.50	0.03
19. Dez 00	0.025	0.19	0.14
15. Jan 01	0.018	0.11	0.05
Mittelwert	0.062	1.08	0.26
Std.-Abw.	0.074	1.07	0.34
80%-Wert ^{*)}	0.066	2.30	0.63

^{*)} Näherung

Nitrit-Stickstoff

Probenahme-datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:				Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:			
	Stelle 8 [mg N/l]	Stelle 7 [mg N/l]	Stelle 6 [mg N/l]	Stelle 5 [mg N/l]	Stelle 4 [mg N/l]	Stelle 12 [mg N/l]	Stelle 11 [mg N/l]	Stelle 10 [mg N/l]	Stelle 9 [mg N/l]	Stelle 3 [mg N/l]	Stelle 2 [mg N/l]	Stelle 1 [mg N/l]
18. Jan 00	0.001	0.001	0.001	0.010	0.007	0.001	0.001	0.015	0.029	0.004	0.013	0.012
14. Feb 00	0.001	0.001	0.002	0.004	0.004	0.002	0.002	0.005	0.005	0.002	0.002	0.003
28. Feb 00	0.001	0.002	0.002	0.006	0.006	0.005	0.001	0.006	0.005	0.002	0.002	0.002
14. Mrz 00	0.001	0.002	0.002	0.004	0.003	0.001	0.002	0.007	0.006	0.003	0.003	0.004
04. Apr 00	0.002	0.002	0.002	0.034	0.020	0.001	0.002	0.011	0.004	0.010	0.020	0.015
02. Mai 00	0.002	0.003	0.003	0.014	0.012	0.001	0.004	0.023	0.006	0.011	0.021	0.031
30. Mai 00	0.003	0.004	0.004	0.013	0.012	0.001	0.004	0.014	0.005	0.007	0.018	0.015
18. Jul 00	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.009	0.003	0.002	0.003	0.006
15. Aug 00	0.011	0.003	0.003	0.006	0.006	0.001	0.002	0.007	0.003	0.004	0.058	0.007
19. Sep 00	0.005	0.003	0.002	0.007	0.003	0.001	0.001	0.008	0.001	0.002	0.015	0.005
17. Okt 00	0.003	0.002	0.003	0.006	0.003	0.001	0.002	0.020	0.002	0.002	0.007	0.004
30. Nov 00	0.002	0.001	0.002	0.004	0.004	0.001	0.001	0.008	0.002	0.002	0.005	0.004
19. Dez 00	0.001	0.002	0.003	0.008	0.011	0.001	0.002	0.018	0.003	0.005	0.014	0.011
15. Jan 01	0.001	0.001	0.001	0.006	0.006	0.001	0.002	0.017	0.004	0.004	0.006	0.005
Mittelwert	0.003	0.002	0.002	0.009	0.007	0.001	0.002	0.012	0.006	0.004	0.013	0.009
Stnd.-Abw.	0.003	0.001	0.001	0.008	0.005	0.001	0.001	0.006	0.007	0.003	0.015	0.008
80%-Wert ¹⁾	0.003	0.003	0.003	0.013	0.012	0.001	0.002	0.018	0.006	0.007	0.020	0.015

¹⁾ Näherung

Anhang
Nitrit-
Stickstoff

Nitrit-Stickstoff (Fortsetzung)

Probenahme-datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg N/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg N/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg N/l]
18. Jan 00	0.096	0.27	0.23
14. Feb 00	0.062	0.09	0.02
28. Feb 00	0.073	0.12	0.02
14. Mrz 00	0.033	0.09	0.03
04. Apr 00	0.240	0.20	0.15
02. Mai 00	0.078	0.34	0.09
30. Mai 00	0.045	0.24	0.11
18. Jul 00	0.008	0.18	0.03
15. Aug 00	0.023	0.08	0.07
19. Sep 00	0.023	0.09	0.06
17. Okt 00	0.017	0.39	0.04
30. Nov 00	0.023	0.17	0.04
19. Dez 00	0.040	0.36	0.13
15. Jan 01	0.063	0.60	0.07
Mittelwert	0.059	0.23	0.08
Stnd.-Abw.	0.058	0.15	0.06
80%-Wert ¹⁾	0.078	0.36	0.13

¹⁾ Näherung

Nitrat-Stickstoff

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:					
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]	[mg N/l]
18. Jan 00	1.4	1.6	1.7	3.1	2.6	1.3	1.5	1.8	1.7	2.4	2.7	2.6
14. Feb 00	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	1.4	1.5	1.6	1.6	2.0	2.0	2.0
28. Feb 00	1.4	1.5	1.6	2.0	2.2	1.5	1.5	1.6	1.6	2.0	2.2	2.1
14. Mrz 00	1.4	1.5	1.6	2.4	2.2	1.3	1.4	1.6	1.5	2.0	2.1	2.2
04. Apr 00	1.5	1.6	1.4	2.4	1.9	1.2	1.4	1.9	1.5	2.1	2.6	2.3
02. Mai 00	1.3	1.6	1.3	3.3	2.4	1.1	1.4	2.2	1.8	2.5	3.3	3.0
30. Mai 00	1.2	1.8	1.5	4.4	3.0	1.1	1.5	2.6	2.1	2.6	4.0	3.2
18. Jul 00	1.3	1.5	1.6	2.2	2.2	1.3	1.4	1.7	1.7	2.1	2.3	2.4
15. Aug 00	1.4	4.2	1.7	3.7	3.7	1.3	1.5	3.0	2.3	2.7	5.6	3.7
19. Sep 00	1.2	1.5	1.4	4.7	3.1	1.2	1.4	3.2	2.3	3.1	5.4	4.0
17. Okt 00	1.2	1.6	1.5	4.0	2.9	1.2	1.4	2.4	2.1	2.7	3.5	3.1
30. Nov 00	1.4	1.5	1.8	2.9	2.9	1.4	1.6	1.9	1.9	2.3	2.4	2.5
19. Dez 00	1.3	1.6	1.6	3.9	2.9	1.1	1.6	2.3	2.1	2.6	3.2	3.1
15. Jan 01	1.5	1.6	1.7	3.0	3.0	1.4	1.7	2.2	2.0	2.6	2.9	2.9
Mittelwert	1.4	1.8	1.6	3.1	2.6	1.3	1.5	2.1	1.9	2.4	3.2	2.8
Stnd.-Abw.	0.1	0.7	0.1	0.9	0.5	0.1	0.1	0.5	0.3	0.3	1.1	0.6
80%-Wert ^{*)}	1.4	1.6	1.7	4.0	3.0	1.4	1.6	2.6	2.1	2.7	4.0	3.2

^{*)} Näherung

Anhang

Nitrat-
Stickstoff

Nitrat-Stickstoff (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg N/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg N/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg N/l]
18. Jan 00	15.0	6.9	10.0
14. Feb 00	5.0	4.1	3.4
28. Feb 00	9.3	5.1	7.0
14. Mrz 00	11.7	6.6	7.4
04. Apr 00	10.1	12.7	12.4
02. Mai 00	15.7	15.7	10.7
30. Mai 00	17.3	14.6	15.3
18. Jul 00	10.6	7.8	8.2
15. Aug 00	15.6	16.8	20.5
19. Sep 00	18.5	16.5	13.4
17. Okt 00	15.0	13.4	8.4
30. Nov 00	15.0	8.8	2.1
19. Dez 00	15.6	12.5	11.4
15. Jan 01	16.0	12.0	10.4
Mittelwert	13.6	11.0	10.0
Stnd.-Abw.	3.7	4.3	4.7
80%-Wert ¹⁾	16.0	15.7	13.4

¹⁾ Näherung

Anhang
Nitrat-
Stickstoff
(Fortsetzung)

Phosphat-Phosphor

Probenahme- datum:	Probenahmestellen								Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:					
	Vordere Frenke:		Stelle 7		Stelle 6		Stelle 5		Stelle 4		Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]	[mg P/l]
18. Jan 00	0.007	0.007	0.010	0.130	0.077	0.007	0.010	0.027	0.022	0.037	0.034	0.032	0.029	0.029	0.031	0.029	0.029
14. Feb 00	0.010	0.017	0.017	0.034	0.034	0.007	0.014	0.036	0.024	0.029	0.031	0.029	0.029	0.029	0.031	0.029	0.029
28. Feb 00	0.007	0.010	0.014	0.048	0.044	0.007	0.007	0.027	0.015	0.024	0.026	0.023	0.023	0.024	0.026	0.023	0.023
14. Mrz 00	0.007	0.007	0.009	0.140	0.083	0.007	0.009	0.022	0.014	0.032	0.029	0.026	0.026	0.032	0.029	0.026	0.026
04. Apr 00	0.007	0.007	0.007	0.240	0.092	0.007	0.007	0.015	0.007	0.026	0.022	0.015	0.015	0.026	0.022	0.015	0.015
02. Mai 00	0.007	0.007	0.007	0.090	0.092	0.007	0.007	0.020	0.014	0.063	0.061	0.061	0.061	0.063	0.061	0.061	0.061
30. Mai 00	0.012	0.010	0.014	0.480	0.240	0.003	0.019	0.034	0.029	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110
18. Jun 00	0.007	0.009	0.010	0.099	0.075	0.006	0.012	0.027	0.020	0.039	0.041	0.048	0.048	0.039	0.041	0.048	0.048
15. Aug 00	0.020	0.013	0.013	0.210	0.200	0.006	0.009	0.034	0.019	0.056	0.094	0.053	0.053	0.056	0.094	0.053	0.053
19. Sep 00	0.034	0.012	0.020	0.750	0.370	0.006	0.010	0.039	0.024	0.150	0.160	0.150	0.150	0.150	0.160	0.150	0.150
17. Okt 00	0.009	0.007	0.010	0.910	0.380	0.006	0.010	0.031	0.022	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170	0.170
30. Nov 00	0.007	0.010	0.015	0.160	0.110	0.006	0.014	0.037	0.019	0.046	0.044	0.041	0.041	0.046	0.044	0.041	0.041
19. Dez 00	0.007	0.012	0.012	0.270	0.130	0.006	0.015	0.024	0.022	0.058	0.051	0.049	0.049	0.058	0.051	0.049	0.049
15. Jan 01	0.007	0.010	0.012	0.092	0.075	0.006	0.015	0.017	0.017	0.041	0.041	0.039	0.039	0.041	0.041	0.039	0.039
Mittelwert	0.011	0.010	0.012	0.261	0.143	0.006	0.011	0.028	0.019	0.063	0.064	0.060	0.060	0.063	0.064	0.060	0.060
Std.-Abw.	0.008	0.003	0.004	0.268	0.113	0.001	0.004	0.008	0.005	0.047	0.046	0.048	0.048	0.047	0.046	0.048	0.048
80%-Wert ^{*)}	0.012	0.010	0.015	0.480	0.240	0.007	0.015	0.036	0.024	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110

^{*)} Näherung

Phosphat-Phosphor (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg P/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg P/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg P/l]
18. Jan 00	1.20	0.35	0.010
14. Feb 00	0.35	0.54	0.100
28. Feb 00	0.57	0.31	0.043
14. Mrz 00	1.40	0.43	0.029
04. Apr 00	1.90	0.21	0.020
02. Mai 00	0.56	0.14	0.056
30. Mai 00	2.40	0.20	0.150
18. Jul 00	1.16	0.43	0.075
15. Aug 00	1.30	0.30	0.150
19. Sep 00	3.90	0.26	0.160
17. Okt 00	4.70	0.22	0.044
30. Nov 00	1.70	0.33	0.017
19. Dez 00	1.60	0.12	0.010
15. Jan 01	0.91	0.10	0.026
Mittelwert	1.69	0.28	0.064
Stnd.-Abw.	1.25	0.13	0.055
80%-Wert ^{*)}	2.40	0.43	0.150

^{*)} Näherung

Gesamt-Phosphor

Probenahme-datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:				Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:			
	Stelle 8 [mg P/l]	Stelle 7 [mg P/l]	Stelle 6 [mg P/l]	Stelle 5 [mg P/l]	Stelle 4 [mg P/l]	Stelle 12 [mg P/l]	Stelle 11 [mg P/l]	Stelle 10 [mg P/l]	Stelle 9 [mg P/l]	Stelle 3 [mg P/l]	Stelle 2 [mg P/l]	Stelle 1 [mg P/l]
18. Jan 00	0.022	0.019	0.026	0.160	0.100	0.014	0.037	0.053	0.039	0.058	0.058	0.058
14. Feb 00	0.017	0.017	0.046	0.056	0.057	0.018	0.046	0.075	0.048	0.100	0.054	0.053
28. Feb 00	0.022	0.032	0.031	0.075	0.073	0.014	0.048	0.085	0.065	0.044	0.051	0.043
14. Mrz 00	0.020	0.037	0.027	0.170	0.100	0.015	0.024	0.053	0.037	0.051	0.049	0.046
04. Apr 00	0.022	0.056	0.022	0.260	0.120	0.010	0.022	0.056	0.029	0.048	0.049	0.034
02. Mai 00	0.020	0.022	0.024	0.130	0.110	0.012	0.026	0.049	0.041	0.088	0.110	0.130
30. Mai 00	0.027	0.024	0.036	0.540	0.270	0.014	0.034	0.060	0.056	0.170	0.150	0.140
18. Jul 00	0.054	0.063	0.044	0.150	0.110	0.022	0.120	0.077	0.051	0.085	0.110	0.090
15. Aug 00	0.080	0.024	0.029	0.250	0.230	0.012	0.044	0.065	0.061	0.078	0.170	0.073
19. Sep 00	0.053	0.026	0.027	0.800	0.380	0.012	0.056	0.063	0.039	0.160	0.180	0.180
17. Okt 00	0.041	0.026	0.034	0.980	0.390	0.014	0.049	0.060	0.044	0.180	0.190	0.180
30. Nov 00	0.020	0.019	0.024	0.190	0.150	0.010	0.060	0.061	0.036	0.065	0.071	0.075
19. Dez 00	0.017	0.022	0.026	0.300	0.150	0.010	0.046	0.044	0.034	0.073	0.078	0.077
15. Jan 01	0.019	0.022	0.029	0.130	0.120	0.014	0.039	0.043	0.034	0.061	0.065	0.068
Mittelwert	0.031	0.029	0.030	0.299	0.169	0.014	0.047	0.060	0.044	0.090	0.099	0.089
Stnd.-Abw.	0.019	0.014	0.007	0.279	0.108	0.003	0.024	0.012	0.011	0.046	0.053	0.049
80%-Wert ¹⁾	0.053	0.037	0.036	0.540	0.270	0.015	0.056	0.075	0.056	0.160	0.170	0.140

¹⁾ Näherung

Anhang

Gesamt-Phosphor

Gesamt-Phosphor (Fortsetzung)

Probenahmedatum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [mg P/l]	Reigoldswil Stelle 15 [mg P/l]	Bubendorf Stelle 13 [mg P/l]
18. Jan 00	1.30	0.61	0.13
14. Feb 00	0.54	0.87	0.22
28. Feb 00	0.68	1.20	0.13
14. Mrz 00	1.70	0.87	0.12
04. Apr 00	2.10	0.38	0.17
02. Mai 00	0.88	0.30	0.20
30. Mai 00	2.80	0.31	0.39
18. Jul 00	1.50	0.69	0.17
15. Aug 00	1.80	0.46	0.28
19. Sep 00	4.00	0.45	0.30
17. Okt 00	4.90	0.39	0.20
30. Nov 00	1.90	0.56	0.17
19. Dez 00	1.80	0.30	0.17
15. Jan 01	1.10	0.57	0.17
Mittelwert	1.93	0.57	0.20
Stnd.-Abw.	1.24	0.26	0.08
80%-Wert ¹⁾	2.80	0.87	0.28

¹⁾ Näherung

Anhang
Gesamt-
Phosphor
(Fortsetzung)

Coliforme Keime

Probenahme- datum:	Probenahmestellen									Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:		
	Vordere Frenke:			Stelle 4	Stelle 5	Stelle 6	Stelle 7	Stelle 8	Stelle 10	Stelle 11	Stelle 12	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]	[Keime/ 100 ml]
18. Jan 00	1200	1600	400	2400	1300	100	500	8600	3600	800	1700	1300			
14. Feb 00	100	11000	4400	10600	5600	100	280	36000	17400	3300	8100	6700			
28. Feb 00	160	7200	2900	6300	780	10	30	18600	4600	1400	2400	1800			
14. Mrz 00	60	600	840	1150	350	10	890	22000	5600	610	1900	1800			
04. Apr 00	450	1020	360	1100	630	20	3100	1400	270	610	1100	580			
02. Mai 00	260	930	530	6300	4200	40	280	4100	2300	7200	2400	0			
30. Mai 00	160	1500	320	3500	680	180	400	1700	2800	800	4300	1400			
18. Jul 00	670	460	470	2500	1800	50	610	13000	4100	1800	2000	2100			
15. Aug 00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
19. Sep 00	3400	3200	2100	9100	1900	200	1100	3200	2100	2400	6700	2800			
17. Okt 00	250	2800	250	3100	700	100	370	2300	750	700	800	420			
30. Nov 00	100	370	6100	4500	900	100	430	18100	600	650	2200	1100			
19. Dez 00	260	1050	2300	3300	250	100	330	4100	900	410	950	600			
15. Jan 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Mittelwert	589	2644	1748	4488	1591	84	693	11092	3752	1723	2879	1717			
Std.-Abw.	942	3241	1900	3022	1655	62	810	10763	4627	1934	2318	1758			
80%-Wert ^{*)}	1200	7200	4400	9100	4200	180	1100	22000	5600	3300	6700	2800			

^{*)} Näherung

Anhang
Coliforme
Keime

Coliforme Keime (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [Keime/ 100 ml]	Reigoldswil Stelle 15 [Keime/ 100 ml]	Bubendorf Stelle 13 [Keime/ 100 ml]
18. Jan 00	22000	100000	66000
14. Feb 00	97000	230000	93000
28. Feb 00	53000	200000	27000
14. Mrz 00	7000	340000	51000
04. Apr 00	23000	27000	8100
02. Mai 00	9700	65000	6800
30. Mai 00	14000	15000	25000
18. Jul 00	16000	100000	5800
15. Aug 00	-	-	-
19. Sep 00	39000	37000	23000
17. Okt 00	21000	25000	23000
30. Nov 00	27000	230000	29000
19. Dez 00	15000	14100	19000
15. Jan 01	-	-	-
Mittelwert	28642	115258	31392
Std.-Abw.	25042	108443	26182
80%-Wert *)	53000	230000	66000

*) Näherung

Anhang

Coliforme
Keime
(Fortsetzung)

Escherichia Coli

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:				Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:			
	Stelle 8 [Keime/ 100 ml]	Stelle 7 [Keime/ 100 ml]	Stelle 6 [Keime/ 100 ml]	Stelle 5 [Keime/ 100 ml]	Stelle 4 [Keime/ 100 ml]	Stelle 12 [Keime/ 100 ml]	Stelle 11 [Keime/ 100 ml]	Stelle 10 [Keime/ 100 ml]	Stelle 9 [Keime/ 100 ml]	Stelle 3 [Keime/ 100 ml]	Stelle 2 [Keime/ 100 ml]	Stelle 1 [Keime/ 100 ml]
18. Jan 00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14. Feb 00	50	7400	230	1600	1600	10	60	4200	1900	470	2300	1400
28. Feb 00	0	1900	680	550	65	1	30	5900	1500	260	470	440
14. Mrz 00	10	70	80	400	50	0	82	6600	1700	290	410	520
04. Apr 00	0	100	40	410	180	0	50	182	30	100	320	80
02. Mai 00	20	100	350	2200	1800	5	50	1700	390	2000	2200	0
30. Mai 00	100	245	145	675	245	100	210	445	1000	590	1055	755
18. Jul 00	27	36	120	245	180	10	245	3820	1310	170	380	330
15. Aug 00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19. Sep 00	420	850	130	1950	360	0	210	630	390	610	790	550
17. Okt 00	100	660	90	1100	355	0	18	500	145	100	790	440
30. Nov 00	10	100	91	950	350	10	390	30000	380	270	730	1100
19. Dez 00	73	340	240	2000	660	10	120	2100	530	380	850	610
15. Jan 01	150	440	240	1900	980	10	150	2300	680	590	500	760
Mittelwert	80	1020	203	1165	569	13	135	4865	830	486	900	582
Std.-Abw.	117	2077	175	725	590	28	111	8202	634	511	669	393
80%-Wert ^{*)}	150	1900	350	2000	1600	10	245	6600	1700	610	2200	1100

^{*)} Näherung

Anhang
Escherichia
Coli

Escherichia Coli (Fortsetzung)

Probenahme- datum:	Probenahmestellen Kläranlagen:		
	Niederdorf Stelle 14 [[Keime/ 100 ml]]	Reigoldswil Stelle 15 [[Keime/ 100 ml]]	Bubendorf Stelle 13 [[Keime/ 100 ml]]
18. Jan 00	-	-	-
14. Feb 00	25000	56000	22000
28. Feb 00	500	64000	1900
14. Mrz 00	1300	260000	10000
04. Apr 00	1820	6000	1820
02. Mai 00	2000	21200	1910
30. Mai 00	3820	2730	4910
18. Jul 00	2545	58200	2640
15. Aug 00	-	-	-
19. Sep 00	9730	7550	3360
17. Okt 00	8200	9900	6800
30. Nov 00	9500	220000	17000
19. Dez 00	10000	41000	10000
15. Jan 01	15000	78000	6000
Mittelwert	7451	68715	7362
Stnd.-Abw.	7175	84408	6452
80%-Wert ^{*)}	15000	220000	17000

^{*)} Näherung

Anhang
Escherichia
Coli
(Fortsetzung)

Entlastungsrückstände

Probenahme- datum:	Probenahmestellen												Vereinigte Frenke:					
	Vordere Frenke:						Hintere Frenke:						Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1			
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 3	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
18. Jan 00	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1
14. Feb 00	0	0	0	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1
28. Feb 00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1
14. Mrz 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
04. Apr 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
02. Mai 00	0	0	0	1	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	3	1
30. Mai 00	0	1	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	1
18. Jul 00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
15. Aug 00	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
19. Sep 00	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1
17. Okt 00	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	2	1
30. Nov 00	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	1	1
19. Dez 00	0	0	0	3	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	1
15. Jan 01	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	3	1

Legende:
 0 : nicht vorhanden
 1 : vereinzelt
 2 : viel
 3 : sehr viel
 - : nicht erhoben

Anhang
 Entlastungs-
 rückstände

Schaum

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:					
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
18. Jan 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Mrz 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04. Apr 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
02. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18. Jul 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Aug 00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19. Sep 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17. Okt 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30. Nov 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
19. Dez 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
15. Jan 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legende:
 0 : nicht vorhanden
 1 : vereinzelt
 2 : viel
 3 : sehr viel
 - : nicht erhoben

Schlamm-
ablagerungen

Schlamm

Probenahme- datum:	Probenahmestellen							Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:		
	Vordere Frenke: Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1		
18. Jan 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14. Mrz 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
04. Apr 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
02. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18. Jul 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15. Aug 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19. Sep 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17. Okt 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
30. Nov 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19. Dez 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15. Jan 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

- Legende:
- 0 : nicht vorhanden
 - 1 : vereinzelt
 - 2 : viel
 - 3 : sehr viel
 - : nicht erhoben

Heterotropher Bewuchs

Probenahmedatum:	Probenahmestellen												Vereinigte Frenke:		
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Stelle 9			Stelle 2					
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1			
18. Jan 00	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0			
14. Feb 00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
28. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
14. Mrz 00	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0			
04. Apr 00	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0			
02. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
30. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18. Jul 00	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1			
15. Aug 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19. Sep 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17. Okt 00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
30. Nov 00	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
19. Dez 00	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
15. Jan 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Legende:
 0 : nicht vorhanden
 1 : vereinzelt
 2 : viel
 3 : sehr viel
 - : nicht erhoben

Anhang
 Heterotropher
 Bewuchs

Ciliatenbeläge

Probenahme- datum:	Probenahmestellen														
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:			Vereinigte Frenke:								
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 4	Stelle 5	Stelle 6	Stelle 4	Stelle 5	Stelle 6	Stelle 9	Stelle 10	Stelle 11	Stelle 12	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
18. Jan 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Mrz 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
04. Apr 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18. Jul 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Aug 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. Sep 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17. Okt 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30. Nov 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. Dez 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Jan 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legende:
 0 : nicht vorhanden
 1 : vereinzelt
 2 : viel
 3 : sehr viel
 - : nicht erhoben

Grünalgen

Probenahme- datum:	Probenahmestellen												Vereinigte Frenke:					
	Vordere Frenke:						Hintere Frenke:						Stelle 9	Stelle 10	Stelle 11	Stelle 12	Stelle 13	Stelle 14
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 3	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
18. Jan 00	1	1	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
14. Feb 00	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
28. Feb 00	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	2	0
14. Mrz 00	1	2	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0
04. Apr 00	1	2	1	2	2	0	2	0	2	0	1	1	1	2	1	1	2	0
02. Mai 00	1	2	1	2	3	0	3	0	1	1	1	2	2	3	1	2	2	0
30. Mai 00	0	3	0	3	2	0	2	0	1	1	1	2	2	2	1	2	2	0
18. Jul 00	0	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
15. Aug 00	0	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1
19. Sep 00	0	2	0	3	1	0	1	0	1	1	1	2	2	3	1	3	3	1
17. Okt 00	0	1	1	3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
30. Nov 00	0	2	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
19. Dez 00	0	0	0	3	2	0	2	0	1	1	1	0	0	2	1	2	2	0
15. Jan 01	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

- Legende:
- 0 : nicht vorhanden
 - 1 : vereinzelt
 - 2 : viel
 - 3 : sehr viel
 - : nicht erhoben

Eisensulfid-Flecken

Probenahme- datum:	Probenahmestellen											
	Vordere Frenke:			Hintere Frenke:				Vereinigte Frenke:				
	Stelle 8	Stelle 7	Stelle 6	Stelle 5	Stelle 4	Stelle 12	Stelle 11	Stelle 10	Stelle 9	Stelle 3	Stelle 2	Stelle 1
18. Jan 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28. Feb 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Mrz 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04. Apr 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30. Mai 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18. Jul 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Aug 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. Sep 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17. Okt 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30. Nov 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. Dez 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Jan 01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legende:

- 0 : nicht vorhanden
- 1 : vereinzeit
- 2 : viel
- 3 : sehr viel
- : nicht erhoben

Anhang

Eisensulfid-
flecken

Regenwettersituation

Probenahmestelle: 200 m unterhalb ARA Frenke I, Reigoldswil

Temperatur [°C]													
Vergleichswerte		Mittelwert:			9.4 +/- 2.9								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			15.1								
Probenahmestelle 10:		Minimalwert:			4.2								
Probe-Nr.	3. Jul 2000 10:45	7. Jul 2000 20:53	Start der Untersuchung						17. Aug 2000	31. Aug 2000 10:00	20. Sep 2000 16:40		
			28. Jul 2000 13:10	2. Aug 2000 15:00	28. Jul 2000 14.0	2. Aug 2000 15.6	31. Aug 2000 14.5	20. Sep 2000 13.7					
1	14.9	15.2	14.0	15.6	14.5	13.7							
2	15.1	15.3	14.4	15.5	15.7	13.8							
3	14.9	15.2	14.4	15.8		14.3							
4		15.4	14.8	15.8		14.7							
5		15.7	14.9	16.3		14.5							
6		15.7	15.1	16.5		14.3							
7		16.2	15.0	16.9		14.2							
8		16.4	15.0	16.8		14.0							
9		15.2	15.1	16.0		13.9							
10			15.7			13.8							
11			15.3			14.0							
12			15.0			13.8							
13						13.9							
14						14.1							
15						14.2							
16						14.1							
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Sauerstoff [mg/l]													
Vergleichswerte		Mittelwert:			11.2 +/- 0.9								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			12.8								
Probenahmestelle 10:		Minimalwert:			9.7								
Probe-Nr.	3. Jul 2000 10:45	7. Jul 2000 20:53	Start der Untersuchung						17. Aug 2000	31. Aug 2000 10:00	20. Sep 2000 16:40		
			28. Jul 2000 13:10	2. Aug 2000 15:00	28. Jul 2000 13.0	2. Aug 2000 12.6	31. Aug 2000 9.2	20. Sep 2000 9.3					
1	10.9	11.2	13.0	12.6	9.2	9.3							
2	10.9	11.6	12.8	11.3	9.3	8.4							
3	10.9	11.1	12.2	11.1		7.9							
4		10.7	11.5	10.8		7.7							
5		10.8	11.0	10.8		8.0							
6		10.7	10.8	10.6		8.3							
7		10.4	11.1	10.4		8.5							
8		9.7	10.8	10.5		8.5							
9		11.2	11.1	11.3		8.5							
10			12.2			8.5							
11			12.6			8.7							
12			12.8			8.7							
13						8.2							
14						8.2							
15						8.3							
16						8.5							
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Regenwittersituation Probenahmestelle: 200 m unterhalb ARA Frenke I, Reigoldswil (Fortsetzung)

Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) [mg/l]												
Vergleichswerte		Mittelwert:		1.6 +/- 0.2								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		2.2								
Probenahmestelle 10:		Minimalwert:		1.4								
Probe-Nr.	Start der Untersuchung											
	3. Jul 2000 10:45	7. Jul 2000 20:53	28. Jul 2000 13:10	2. Aug 2000 15:00	17. Aug 2000	31. Aug 2000 10:00	20. Sep 2000 16:40					
1	3.5	2.3	1.6	1.9		4.1	2.1					
2	3.1	2.3	1.6	2.2		4.4	4.5					
3	3.0	3.3	1.7	4.9			13.0					
4		4.7	3.5	8.1			18.0					
5		5.0	7.8	6.2			14.0					
6		4.8	8.9	7.3			8.6					
7		5.6	6.4	7.1			7.8					
8		6.4	6.2	6.0			6.6					
9		3.7	5.0	4.5			5.9					
10			5.2				5.3					
11			3.5				4.2					
12			3.2				4.3					
13							5.6					
14							5.7					
15							6.4					
16							6.8					
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) [mg/l]												
Vergleichswerte		Mittelwert:		1.6 +/- 0.2								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		2.0								
Probenahmestelle 10:		Minimalwert:		1.3								
Probe-Nr.	Start der Untersuchung											
	3. Jul 2000 10:45	7. Jul 2000 20:53	28. Jul 2000 13:10	2. Aug 2000 15:00	17. Aug 2000	31. Aug 2000 10:00	20. Sep 2000 16:40					
1	3.1	1.7	1.6	1.8		3.3	2.0					
2	2.7	2.0	1.5	2.1		3.2	3.1					
3	2.6	2.5	1.6	4.3			6.5					
4		3.5	2.7	6.7			9.9					
5		3.8	5.8	4.5			7.9					
6		3.6	6.5	5.2			6.2					
7		4.6	5.0	5.3			5.2					
8		4.8	4.6	5.0			4.7					
9		2.7	4.0	3.5			4.8					
10			4.1				4.1					
11			3.5				3.3					
12			3.2				3.5					
13							4.4					
14							4.6					
15							4.8					
16							4.7					
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

Regenweltersituation Probenahmestelle: 200 m unterhalb ARA Frenke I, Reigoldswil (Fortsetzung)

Ammonium-Stickstoff [mg N/l]												
Vergleichswerte		Mittelwert:		0,051 +/- 0,043								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		0,130								
Probenahmestelle 10:		Minimalwert:		0,007								
Probe-Nr.	3. Jul 2000		7. Jul 2000		28. Jul 2000		2. Aug 2000		17. Aug 2000		20. Sep 2000	
	10:45	20:53	20:53	0:05	13:10	0:01	0:02	15:00	-	10:00	16:40	16:40
1	0,28	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02		0,37	0,06	0,06
2	0,19	0,38	0,38	0,01	0,01	0,04	0,04	0,04		0,03	0,30	0,30
3	0,15	0,36	0,36	0,01	0,01	0,53	0,53	0,53			1,10	1,10
4		0,54	0,54	0,43	0,43	0,80	0,80	0,80			1,40	1,40
5		0,56	0,56	1,10	1,10	0,52	0,52	0,52			0,91	0,91
6		0,47	0,47	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50			0,57	0,57
7		0,66	0,66	0,81	0,81	0,57	0,57	0,57			0,50	0,50
8		0,90	0,90	0,77	0,77	0,52	0,52	0,52			0,51	0,51
9		0,32	0,32	0,57	0,57	0,30	0,30	0,30			0,51	0,51
10				0,47	0,47						0,38	0,38
11				0,41	0,41						0,21	0,21
12				0,34	0,34						0,24	0,24
13											0,59	0,59
14											0,83	0,83
15											0,72	0,72
16											0,68	0,68
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

Gesamte ungelöste Stoffe [mg/l]												
Vergleichswerte		Mittelwert:		4,9 +/- 1,7								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		8,2								
Probenahmestelle 10:		Minimalwert:		2,6								
Probe-Nr.	3. Jul 2000		7. Jul 2000		28. Jul 2000		2. Aug 2000		17. Aug 2000		20. Sep 2000	
	10:45	20:53	20:53	3	13:10	5	15:00	-	10:00	16:40	16:40	16:40
1	10	3	3	5	5	5	5	5	18	18	7	7
2	11	7	7	5	5	13	13	13	66	66	24	24
3	10	46	46	7	7	26	26	26			110	110
4		93	93	22	22	45	45	45			140	140
5		97	97	55	55	53	53	53			110	110
6		98	98	59	59	61	61	61			61	61
7		110	110	43	43	52	52	52			42	42
8		89	89	49	49	38	38	38			27	27
9		29	29	22	22	21	21	21			23	23
10				25	25						15	15
11				18	18						11	11
12				12	12						12	12
13											23	23
14											24	24
15											23	23
16											25	25
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

Regenwettersituation Probenahmestelle: 200 m unterhalb ARA Frenke I, Reigoldswil (Fortsetzung)

Coliforme Keime [Keime/100 ml]		Probenahme-Zeitpunkt [min.]									
Vergleichswerte		Mittelwert: 11092 +/- 10763									
Trockenwetterstudie		Maximalwert: 36000									
Probenahmestelle 10:		Minimalwert: 1400									
Probe-Nr.	3. Jul 2000 10:45	7. Jul 2000 20:53	Start der Untersuchung					20. Sep 2000 16:40			
			28. Jul 2000 13:10	2. Aug 2000 15:00	17. Aug 2000	31. Aug 2000 10:00					
1	5900	900	-	1000	-	360000	1000				
2	2700	2900	-	5000	-	80000	600000				
3	5300	37000	-	360000	-	1200000	1200000				
4		46000	-	480000	-	2400000	2400000				
5		100000	-	360000	-	2400000	2400000				
6		51000	-	480000	-	2400000	2400000				
7		78000	-	480000	-	600000	600000				
8		84000	-	280000	-	360000	360000				
9		32000	-	120000	-	480000	480000				
10			-		-	120000	120000				
11			-		-	480000	480000				
12			-		-	120000	120000				
13			-		-	360000	360000				
14			-		-	360000	360000				
15			-		-	480000	480000				
16			-		-	240000	240000				
17			-		-						
18			-		-						
19			-		-						
20			-		-						
21			-		-						
22			-		-						
23			-		-						
24			-		-						
25			-		-						

Probe-Nr.	3. Jul 2000 10:45	7. Jul 2000 20:53	Start der Untersuchung					20. Sep 2000 16:40
			28. Jul 2000 13:10	2. Aug 2000 15:00	17. Aug 2000	31. Aug 2000 10:00		
1	0	0	0	0	-	0	0	
2	48	19	10	35	-	105	17	
3	64	21	16	38	-		25	
4		22	23	40	-		30	
5		23	26	45	-		40	
6		25	28	51	-		45	
7		29	30	55	-		50	
8		38	35	65	-		60	
9		48	45	80	-		70	
10			55		-		80	
11			65		-		90	
12			75		-		100	
13					-		110	
14					-		130	
15					-		140	
16					-		160	
17					-			
18					-			
19					-			
20					-			
21					-			
22					-			
23					-			
24					-			
25					-			

Regenwittersituation

Probenahmestelle: 350 m unterhalb ARA Frenke II, Niederdorf

Temperatur [°C]													
Vergleichswerte		Mittelwert:			10.6 +/- 3.4			Mittelwert:			11.3 +/- 1.0		
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			16.8			Maximalwert:			12.8		
Probenahmestelle 5:		Minimalwert:			5.1			Minimalwert:			9.9		
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000	Start der Untersuchung						31. Aug 2000	20. Sep 2000			
			21:15	15:40	2. Aug 2000	17. Aug 2000	28. Jul 2000	7. Jul 2000					
1	-	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	14.8	14.0				
2	-	15.4	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	14.9	14.1				
3	-	15.3	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	15.1	13.1				
4	-	15.6	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	15.1	14.2				
5	-	15.5	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	14.9	14.5				
6	-	15.5	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	15.3	14.6				
7	-	15.5	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	15.1	14.9				
8	-							15.8	15.0				
9	-							16.0	15.1				
10	-								15.1				
11	-								15.1				
12	-								14.9				
13	-								14.6				
14	-								14.8				
15	-								15.1				
16	-								15.0				
17	-								15.0				
18	-												
19	-												
20	-												
21	-												
22	-												
23	-												
24	-												
25	-												

Sauerstoff [mg/l]													
Vergleichswerte		Mittelwert:			11.3 +/- 1.0			Mittelwert:			11.3 +/- 1.0		
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			12.8			Maximalwert:			12.8		
Probenahmestelle 5:		Minimalwert:			9.9			Minimalwert:			9.9		
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000	Start der Untersuchung						31. Aug 2000	20. Sep 2000			
			21:15	15:40	2. Aug 2000	17. Aug 2000	28. Jul 2000	7. Jul 2000					
1	-	10.2	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	8.3	11.5				
2	-	10.1	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	8.5	11.3				
3	-	10.0	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.6	11.3				
4	-	9.7	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.6	10.9				
5	-	9.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	9.1	10.0				
6	-	9.5	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.9				
7	-	9.8	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0	9.0				
8	-							9.8	8.9				
9	-							8.1	9.0				
10	-								9.1				
11	-								9.5				
12	-								10.0				
13	-								10.0				
14	-								9.7				
15	-								9.9				
16	-								10.1				
17	-								10.2				
18	-												
19	-												
20	-												
21	-												
22	-												
23	-												
24	-												
25	-												

Regenwettersituation

Probenahmestelle: 350 m unterhalb ARA Frenke II, Niederdorf (Fortsetzung)

Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) [mg/l]												
Vergleichswerte		Mittelwert:			1.9 +/- 0.2							
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			2.4							
Probenahmestelle 5:		Minimalwert:			1.5							
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000	28. Jul 2000	2. Aug 2000	Start der Untersuchung					20. Sep 2000		
					21:15	15:40	17. Aug 2000	31. Aug 2000	7:20			
1	-	2.5	-	2.0	-	8.3	2.4	2.4	8.3	2.4		
2	-	2.4	-	3.1	-	7.7	3.6	3.6	7.7	3.6		
3	-	2.7	-	6.1	-	7.9	6.7	6.7	7.9	6.7		
4	-	3.9	-	7.3	-	6.3	7.0	7.0	6.3	7.0		
5	-	3.6	-	6.4	-	5.4	23.0	23.0	5.4	23.0		
6	-	3.0	-	5.7	-	4.3	27.0	27.0	4.3	27.0		
7	-	2.8	-	4.2	-	4.4	37.0	37.0	4.4	37.0		
8	-	-	-	-	-	5.0	26.0	26.0	5.0	26.0		
9	-	-	-	-	-	4.3	25.0	25.0	4.3	25.0		
10	-	-	-	-	-	-	19.0	19.0	-	-		
11	-	-	-	-	-	-	8.8	8.8	-	-		
12	-	-	-	-	-	-	10.0	10.0	-	-		
13	-	-	-	-	-	-	12.0	12.0	-	-		
14	-	-	-	-	-	-	9.5	9.5	-	-		
15	-	-	-	-	-	-	7.7	7.7	-	-		
16	-	-	-	-	-	-	11.0	11.0	-	-		
17	-	-	-	-	-	-	9.3	9.3	-	-		
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) [mg/l]												
Vergleichswerte		Mittelwert:			1.8 +/- 0.2							
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			2.2							
Probenahmestelle 5:		Minimalwert:			1.5							
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000	28. Jul 2000	2. Aug 2000	Start der Untersuchung					20. Sep 2000		
					21:15	15:40	17. Aug 2000	31. Aug 2000	7:20			
1	-	2.3	-	1.7	-	5.5	2.4	2.4	5.5	2.4		
2	-	2.1	-	2.4	-	5.3	2.2	2.2	5.3	2.2		
3	-	2.5	-	4.6	-	5.3	2.0	2.0	5.3	2.0		
4	-	3.5	-	4.5	-	4.7	3.8	3.8	4.7	3.8		
5	-	3.4	-	5.7	-	3.8	6.2	6.2	3.8	6.2		
6	-	2.8	-	4.6	-	3.4	8.5	8.5	3.4	8.5		
7	-	2.5	-	3.3	-	3.6	8.9	8.9	3.6	8.6		
8	-	-	-	-	-	3.2	8.6	8.6	3.2	8.6		
9	-	-	-	-	-	3.1	6.8	6.8	3.1	6.8		
10	-	-	-	-	-	-	7.0	7.0	-	-		
11	-	-	-	-	-	-	5.1	5.1	-	-		
12	-	-	-	-	-	-	4.2	4.2	-	-		
13	-	-	-	-	-	-	4.5	4.5	-	-		
14	-	-	-	-	-	-	5.6	5.6	-	-		
15	-	-	-	-	-	-	5.9	5.9	-	-		
16	-	-	-	-	-	-	5.3	5.3	-	-		
17	-	-	-	-	-	-	5.3	5.3	-	-		
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Regenwettersituation Probenahmestelle: 350 m unterhalb ARA Frenke II, Niederdorf (Fortsetzung)

Ammonium-Stickstoff [mg N/l]													
Vergleichswerte		Mittelwert:		0.012 +/- 0.006									
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		0.024									
Probenahmestelle 5:		Minimalwert:		0.005									
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000	28. Jul 2000	Start der Untersuchung				31. Aug 2000	20. Sep 2000				
				3. Jul 2000	7. Jul 21:15	2. Aug 2000	17. Aug 2000			2. Aug 2000	31. Aug 2000		
1	-	0.03	-	0.02		0.10		2.40	0.05				
2		0.03		0.10		0.47		1.70	0.02				
3		0.10		0.47		1.50		1.50	0.15				
4		0.27		0.57		1.00		1.00	0.32				
5		0.26		0.50		0.27		0.27	1.30				
6		0.11		0.34		0.15		0.15	1.50				
7		0.04		0.08		0.03		0.03	1.60				
8						0.05		0.05	1.30				
9						0.03		0.03	1.10				
10									0.82				
11									0.25				
12									0.06				
13									0.26				
14									0.68				
15									0.49				
16									0.34				
17									0.39				
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Gesamte ungelöste Stoffe [mg/l]													
Vergleichswerte		Mittelwert:		6.2 +/- 4.7									
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		19.0									
Probenahmestelle 5:		Minimalwert:		2.4									
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000	28. Jul 2000	Start der Untersuchung				31. Aug 2000	20. Sep 2000				
				3. Jul 2000	7. Jul 21:15	2. Aug 2000	17. Aug 2000			2. Aug 2000	31. Aug 2000		
1	-	10	-	8		44		88	11				
2		9		44		100		47	22				
3		16		100		130		54	46				
4		23		130		67		7	52				
5		20		67		41		48	97				
6		11		41		17		15	130				
7		9		17				13	130				
8								98	97				
9								69	76				
10									49				
11									23				
12									25				
13									35				
14									38				
15									34				
16									35				
17									36				
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Regenwittersituation Probenahmestelle: 350 m unterhalb ARA Frenke II, Niederdorf (Fortsetzung)

Coliforme Keime [Keime/100 ml]		Mittelwert: 4488 +/- 3022					
Trockenwetterstudie		Maximalwert: 10600					
Probenahmestelle 5:		Minimalwert: 1100					
Probe-Nr.	3. Jul 2000	Start der Untersuchung					20. Sep 2000
		7. Jul 2000 21:15	28. Jul 2000	2. Aug 2000 15:40	17. Aug 2000	31. Aug 2000 7:20	
1	-	-	-	7000	-	94000	13000
2	-	-	-	65000	-	64000	30000
3	-	-	-	480000	-	66000	60000
4	-	-	-	600000	-	27000	600000
5	-	-	-	360000	-	28000	1200000
6	-	-	-	280000	-	240000	1500000
7	-	-	-	40000	-	120000	1500000
8	-	-	-	-	-	180000	600000
9	-	-	-	-	-	98000	600000
10	-	-	-	-	-	-	2000000
11	-	-	-	-	-	-	1200000
12	-	-	-	-	-	-	600000
13	-	-	-	-	-	-	600000
14	-	-	-	-	-	-	600000
15	-	-	-	-	-	-	200000
16	-	-	-	-	-	-	240000
17	-	-	-	-	-	-	240000
18	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-

Probenahme-Zeitpunkt [min.] (relativ zum Startzeitpunkt der Untersuchungskampagne)		Start der Untersuchung					20. Sep 2000
Probe-Nr.	3. Jul 2000	7. Jul 2000 21:15	28. Jul 2000	2. Aug 2000 15:40	17. Aug 2000	31. Aug 2000 7:20	
		1	-	0	-	0	-
2	-	10	-	13	-	10	8
3	-	20	-	17	-	20	13
4	-	30	-	25	-	40	18
5	-	40	-	42	-	80	23
6	-	50	-	60	-	130	27
7	-	60	-	80	-	175	32
8	-	-	-	-	-	235	38
9	-	-	-	-	-	295	43
10	-	-	-	-	-	-	50
11	-	-	-	-	-	-	72
12	-	-	-	-	-	-	85
13	-	-	-	-	-	-	100
14	-	-	-	-	-	-	110
15	-	-	-	-	-	-	122
16	-	-	-	-	-	-	133
17	-	-	-	-	-	-	144
18	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-

Regenwittersituation

Probenahmestelle: 300 m unterhalb ARA Frenke III, Bubendorf

Temperatur [°C]														
Vergleichswerte		Mittelwert:		9.7 +/- 3.7										
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		17.5										
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:		3.9										
Probe-Nr.	3. Jul		7. Jul		28. Jul		2. Aug		17. Aug		31. Aug		20. Sep	
	2000	10:17	2000	20:37	2000	-	2000	-	2000	7:05	2000	7:35	2000	16:20
1	17.2	18.0	17.6	17.7	18.2	18.0	18.2	18.2	18.2	18.3	16.1	15.8	14.3	14.2
2	17.6	17.7	17.6	17.6	18.2	18.0	18.2	18.2	18.2	18.2	16.0	16.0	14.2	14.2
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														

Sauerstoff [mg/l]														
Vergleichswerte		Mittelwert:		11.5 +/- 1.2										
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		13.3										
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:		9.6										
Probe-Nr.	3. Jul		7. Jul		28. Jul		2. Aug		17. Aug		31. Aug		20. Sep	
	2000	10:17	2000	20:37	2000	-	2000	-	2000	7:05	2000	7:35	2000	16:20
1	8.8	8.8	8.8	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.2	8.2	9.1	9.1	9.7	9.6
2	8.8	8.8	8.8	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	7.9	7.9	9.0	9.0	9.6	9.6
3									7.9	7.9	8.8	8.8	9.7	9.7
4									7.8	7.8	8.6	8.6	9.6	9.6
5									7.8	7.8	8.7	8.7	9.3	9.3
6									7.8	7.8	9.4	9.4	8.9	8.9
7									7.9	7.9	10.2	10.2	8.5	8.5
8									7.8	7.8	11.4	11.4	8.4	8.4
9									7.8	7.8	11.8	11.8	8.2	8.2
10									7.7	7.7			8.0	8.0
11									7.7	7.7			7.8	7.8
12									7.9	7.9			7.5	7.5
13													7.4	7.4
14													7.3	7.3
15													7.4	7.4
16													7.7	7.7
17													7.9	7.9
18													8.1	8.1
19													8.1	8.1
20													7.9	7.9
21													7.9	7.9
22														
23														
24														
25														

Regenwittersituation Probenahmestelle: 300 m unterhalb ARA Frenke III, Bubendorf (Fortsetzung)

Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) [mg/l]														
Vergleichswerte		Mittelwert:			2.3 +/- 0.6									
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			3.7									
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:			1.6									
Probe-Nr.	3. Jul 2000		7. Jul 2000		28. Jul 2000		2. Aug 2000		17. Aug 2000		31. Aug 2000		20. Sep 2000	
	10:17	20:37	20:37	20:37	-	-	-	-	7:05	7:05	7:35	7:35	16:20	16:20
1	2.9	3.2	3.2	3.2					7.2	7.2	4.6	4.6	2.7	2.7
2	3.2	3.1	3.1	3.1					9.4	9.4	7.4	7.4	2.6	2.6
3		3.3	3.3	3.3					10.0	10.0	6.7	6.7	2.7	2.7
4		3.1	3.1	3.1					9.7	9.7	12.0	12.0	2.8	2.8
5		5.3	5.3	5.3					11.0	11.0	5.7	5.7	8.3	8.3
6		5.0	5.0	5.0					10.0	10.0	8.3	8.3	13.0	13.0
7		5.5	5.5	5.5					9.3	9.3	5.5	5.5	14.0	14.0
8									10.0	10.0	5.4	5.4	15.0	15.0
9									10.0	10.0	3.8	3.8	17.0	17.0
10									9.5	9.5			19.0	19.0
11									10.0	10.0			20.0	20.0
12									8.2	8.2			20.0	20.0
13													20.0	20.0
14													18.0	18.0
15													17.0	17.0
16													17.0	17.0
17													11.0	11.0
18													11.0	11.0
19													14.0	14.0
20													15.0	15.0
21													13.0	13.0
22														
23														
24														
25														

Gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) [mg/l]														
Vergleichswerte		Mittelwert:			2.3 +/- 0.6									
Trockenwetterstudie		Maximalwert:			3.5									
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:			1.6									
Probe-Nr.	3. Jul 2000		7. Jul 2000		28. Jul 2000		2. Aug 2000		17. Aug 2000		31. Aug 2000		20. Sep 2000	
	10:17	20:37	20:37	20:37	-	-	-	-	7:05	7:05	7:35	7:35	16:20	16:20
1	2.6	2.8	2.8	2.8					5.8	5.8	3.7	3.7	2.4	2.4
2	2.8	2.9	2.9	2.9					7.4	7.4	6.0	6.0	2.4	2.4
3		3.1	3.1	3.1					8.4	8.4	5.1	5.1	2.5	2.5
4		2.8	2.8	2.8					7.5	7.5	10.0	10.0	2.5	2.5
5		4.4	4.4	4.4					8.4	8.4	4.7	4.7	6.7	6.7
6		4.5	4.5	4.5					8.0	8.0	7.4	7.4	7.5	7.5
7		4.7	4.7	4.7					7.7	7.7	3.6	3.6	7.1	7.1
8									8.4	8.4	4.4	4.4	6.5	6.5
9									8.8	8.8	3.3	3.3	6.5	6.5
10									9.5	9.5			7.0	7.0
11									10.0	10.0			7.3	7.3
12									8.2	8.2			8.8	8.8
13													9.0	9.0
14													9.2	9.2
15													8.1	8.1
16													7.0	7.0
17													5.9	5.9
18													5.8	5.8
19													7.8	7.8
20													8.2	8.2
21													6.7	6.7
22														
23														
24														
25														

Regenwetersituation

Probenahmestelle: 300 m unterhalb ARA Frenke III, Bubendorf (Fortsetzung)

Ammonium-Stickstoff [mg N/l]													
Vergleichswerte		Mittelwert:		0.023 +/- 0.017									
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		0.051									
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:		0.005									
Probe-Nr.	3. Jul 2000 10:17	7. Jul 2000 20:37	Start der Untersuchung					20. Sep 2000 16:20					
			28. Jul 2000	2. Aug 2000	17. Aug 2000	31. Aug 2000	7. Sep 2000						
1	0.05	0.04		0.42	0.19	0.03							
2	0.07	0.04		2.10	2.60	0.03							
3		0.05		1.90	1.60	0.03							
4		0.05		1.90	1.50	0.04							
5		0.22		1.80	0.87	0.42							
6		0.28		2.00	0.62	0.66							
7		0.25		1.30	0.27	0.81							
8				1.40	0.18	0.94							
9				1.40	0.14	1.20							
10				1.50		1.30							
11				1.40		1.40							
12				0.66		1.40							
13						1.40							
14						1.20							
15						0.98							
16						0.75							
17						0.61							
18						0.68							
19						0.89							
20						1.00							
21						1.10							
22													
23													
24													
25													

Gesamte ungelöste Stoffe [mg/l]													
Vergleichswerte		Mittelwert:		4.9 +/- 4.5									
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		19.0									
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:		1.4									
Probe-Nr.	3. Jul 2000 10:17	7. Jul 2000 20:37	Start der Untersuchung					20. Sep 2000 16:20					
			28. Jul 2000	2. Aug 2000	17. Aug 2000	31. Aug 2000	7. Sep 2000						
1	12	3			49	14	2						
2	12	3			70	54	3						
3		5			69	37	4						
4		5			86	25	4						
5		17			95	17	19						
6		16			86	38	32						
7		12			57	38	33						
8					48	21	40						
9					41	61	57						
10					35		55						
11					28		59						
12					12		50						
13							48						
14							42						
15							41						
16							32						
17							25						
18							28						
19							25						
20							29						
21							26						
22													
23													
24													
25													

Regenwittersituation Probenahmestelle: 300 m unterhalb ARA Frenke II, Bubendorf (Fortsetzung)

Coliforme Keime [Keime/100 ml]												
Vergleichswerte		Mittelwert:		2879 +/- 2318								
Trockenwetterstudie		Maximalwert:		8100								
Probenahmestelle 2:		Minimalwert:		800								
Probe-Nr.	Start der Untersuchung											
	3. Jul 2000 10:17	7. Jul 2000 20:37	28. Jul 2000 -	2. Aug 2000 -	17. Aug 2000 7:05	31. Aug 2000 7:35	20. Sep 2000 16:20					
1	5500	-	-	-	17000	14000	3000					
2	5300	-	-	-	45000	72000	4000					
3	-	-	-	-	53000	59000	3000					
4	-	-	-	-	69000	63000	11000					
5	-	-	-	-	76000	68000	24000					
6	-	-	-	-	52000	120000	24000					
7	-	-	-	-	72000	67000	360000					
8	-	-	-	-	50000	-	600000					
9	-	-	-	-	39000	-	600000					
10	-	-	-	-	91000	-	1000000					
11	-	-	-	-	97000	-	1200000					
12	-	-	-	-	41000	-	1200000					
13	-	-	-	-	-	-	800000					
14	-	-	-	-	-	-	800000					
15	-	-	-	-	-	-	1200000					
16	-	-	-	-	-	-	1200000					
17	-	-	-	-	-	-	600000					
18	-	-	-	-	-	-	600000					
19	-	-	-	-	-	-	600000					
20	-	-	-	-	-	-	480000					
21	-	-	-	-	-	-	360000					
22	-	-	-	-	-	-	-					
23	-	-	-	-	-	-	-					
24	-	-	-	-	-	-	-					
25	-	-	-	-	-	-	-					

Probenahme-Zeitpunkt [min.] (relativ zum Startzeitpunkt der Untersuchungskampagne)												
Probe-Nr.	Start der Untersuchung											
	3. Jul 2000 10:17	7. Jul 2000 20:37	28. Jul 2000 -	2. Aug 2000 -	17. Aug 2000 7:05	31. Aug 2000 7:35	20. Sep 2000 16:20					
1	0	0	-	-	0	0	0					
2	33	25	-	-	3	25	20					
3	-	39	-	-	6	40	40					
4	-	53	-	-	8	65	60					
5	-	92	-	-	10	125	67					
6	-	104	-	-	14	155	70					
7	-	112	-	-	21	200	74					
8	-	-	-	-	28	-	79					
9	-	-	-	-	35	-	84					
10	-	-	-	-	53	-	89					
11	-	-	-	-	65	-	94					
12	-	-	-	-	83	-	99					
13	-	-	-	-	-	-	104					
14	-	-	-	-	-	-	109					
15	-	-	-	-	-	-	118					
16	-	-	-	-	-	-	126					
17	-	-	-	-	-	-	138					
18	-	-	-	-	-	-	150					
19	-	-	-	-	-	-	158					
20	-	-	-	-	-	-	168					
21	-	-	-	-	-	-	180					
22	-	-	-	-	-	-	-					
23	-	-	-	-	-	-	-					
24	-	-	-	-	-	-	-					
25	-	-	-	-	-	-	-					