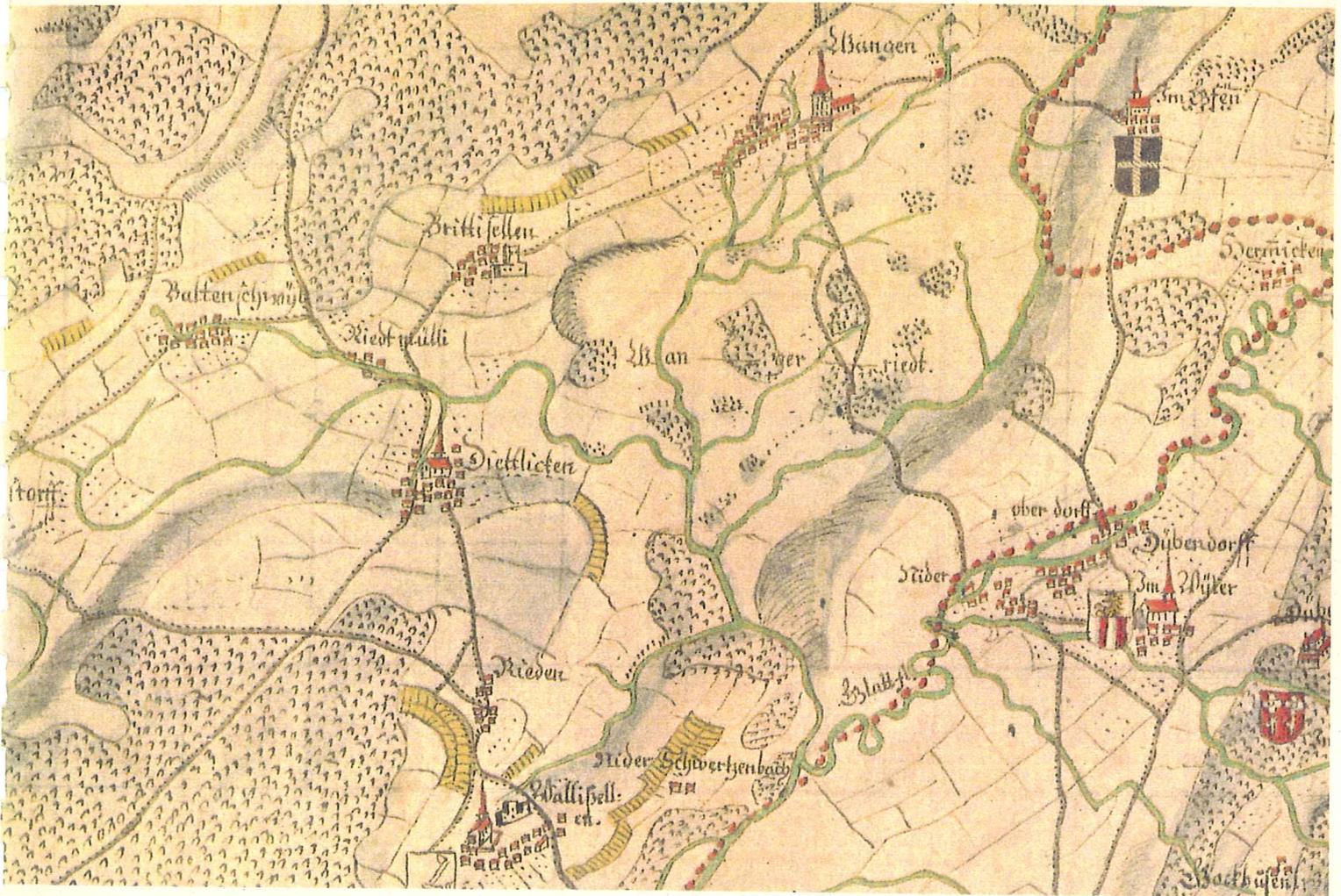


# Ökologische Beurteilung und Renaturierungsmöglichkeiten des Chriesbachs



8.0.3/118 ex.A

Diplomarbeit eingereicht am

Institut für Gewässerschutz und Wassertechnologie (EAWAG, Dübendorf)

Tania Schellenberg

Abteilung Umweltnaturwissenschaften

Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

Oktober 1993

ETHICS EAWAG



01700001915809

BIBLIOTHEK

Eidg. Anstalt für Wasser- & Abwasserreinigung u. Gewässerschutz

1, Überlandstr. 133 8600 Dübendorf

A. 25 811/2.08

**Titelblatt:**

*Ausschnitt aus der Karte des Kantons Zürich aus dem Jahr 1667, Hans Konrad Gyger, Faksimile des Originals im Staatsarchiv des Kt. Zürichs, 1967, Stocker, Dietikon-Zürich.*

*Das Gewässernetz des Chriesbachs liegt im Mittelbereich des Ausschnitts.*

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>4</b>
Motivation .....	4
Fragestellung.....	4
Die Arbeitsgemeinschaft Renaturierung Chriesbach.....	5
Aufbau der Arbeit .....	6
<b>2. Der gedachte Naturzustand.....</b>	<b>7</b>
2.1    Zum Begriff Renaturierung .....	7
2.2    Die historische Entwicklung des Gewässers.....	9
2.2.1    Einige gewässerrelevante Nutzungen im Einzugsgebiet.....	9
2.2.2    Entwicklung des Gewässernetzes / Linienführung .....	12
2.2.3    Ufervegetation .....	14
<b>3. Situationsanalyse.....</b>	<b>15</b>
3.1    Hydrogeologie.....	15
3.2    Hydrologie (Abfluss).....	16
3.3    Gewässermorphologie .....	18
3.3.1    Gewässerzustandskartierung nach Werth .....	18
3.3.2    Gerinnemorphologie .....	19
3.3.3    Sohle / Kolmation.....	20
3.3.4    Temperatur .....	23
3.3.5    Beschattung .....	24
3.4    Chemische Untersuchungen .....	26
3.5    Biologische Untersuchungen.....	35
3.5.1    Ufervegetation .....	35
3.5.2    Makroinvertebraten .....	37
3.5.3    Fische .....	41
3.5.4    Vögel .....	46
<b>4. Schlussdiskussion .....</b>	<b>47</b>
4.1    Vergleichende ökologische Beurteilung der Stellen .....	47
4.2    Der Handlungsbedarf aus limnologischer Sicht .....	48
4.2.1    Restrukturierung der Niederwasserrinne .....	48
4.2.2    Naturnahe Abflussverhältnisse .....	49
4.2.3    Auflockerung der Sohle .....	49
4.2.4    Beschattung des Bachs.....	50
4.2.5    Reduktion der chemischen Belastung.....	51
4.2.6    Vernetzung von Lebensräumen.....	51
4.3    Offene Fragen .....	52
<b>5. Literatur .....</b>	<b>53</b>
<b>6. Dank .....</b>	<b>55</b>

**7. Anhang ..... 56**

1. Karte des Untersuchungsgebietes: Abschnitte und Probestellen
2. Photos zum Untersuchungsgebiet
3. Das Gewässernetz Chriesbach um 1950 und 1850 (2 Karten)
4. Beschattung: Projektion der Sonnenbahnen auf die Horizontebene
5. Fischaugenaufnahmen, typische Beispiele
6. Daten der Gewässerzustandskartierung nach Werth
7. Chemische Analysen (Messdaten in Tabellen)
8. Abfischungen: Individuenzahlen in Grössenklassen
9. Individuenzahlen der Makroinvertebraten
10. Artenlisten der Vegetationsaufnahmen
11. Berechnungen zu den Pegelstandsschwankungen
12. Abflussmessungen

## Zusammenfassung

Der Chriesbach ist ein Zufluss der Glatt; er fliesst durch Siedlungs-, Industrie- und Landwirtschaftsgebiete. Die anthropogenen Beeinträchtigungen seines Einzugsgebietes setzten bereits früh ein, etwa durch die grossflächige Trockenlegung des Wangener Rieds. Mehrere Begradigungen und Eindolungen führten zu einer Reduktion der Länge des Gewässernetzes um über 60%. In den Jahren 1978–1984 erfolgte die letzte Gewässerkorrektur mit Absenkung der Bachsohle, welche dem Bach ein einheitliches, kanalartiges Profil verlieh. Der grösste Zufluss, der Altbach, dient heute als Vorfluter für die Abwasserreinigungsanlage von Bassersdorf, welche die grösste Schadstoffquelle des Bachs darstellt. Weitere Beeinträchtigungen der Wasserqualität sind auf die drainierten landwirtschaftlichen Felder zurückzuführen. Auffällig ist heute die starke Verkräutung des Bachs, die durch häufiges Mähen bekämpft wird.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist ein "Naturzustand" für den Chriesbach zu formulieren und mit geeigneten Untersuchungen das Renaturierungspotential sowie ökologische Defizite der heutigen Situation aufzuzeigen.

Trotz der massiven Verbauung und der mässigen bis kritischen organischen Belastung weist der Chriesbach ein beträchtliches Potential an Lebensräumen auf: Es wurden 18 Makrophytenarten, 30 Makroinvertebratentaxa sowie 9 Fischarten gefunden. Darunter befinden sich gefährdete Arten, deren Schutz durch eine Renaturierung verbessern kann.

Eine Renaturierung soll sich sowohl am gedachten Naturzustand als auch am bestehenden ökologischen Potential orientieren. Wichtige anthropogene Eingriffe sind die chemische Belastung durch die Siedlungabwasser und Landwirtschaft, die bisherige Praxis des Gewässerunterhalts sowie die Versiegelung des Einzugsgebietes; sie sollten mit einer Renaturierung vermindert oder im Idealzustand aufgehoben werden. Zur Aufwertung der Habitatsqualität sollen Bedingungen für eine abwechslungsreiche Uferlinie und eine Vernetzung mit dem Umland angestrebt werden.

# 1. Einleitung

## Motivation

Die Renaturierung von Fliessgewässern gehört zu einem wichtigen Instrument des Naturschutzes. Fliessgewässer sind nicht nur bedeutende Lebensräume, sie haben auch eine wichtige Vernetzungsfunktion zwischen anderen Biotopen. SCHUMACHER (1991) beschreibt die Bedeutung dieses Aspekts für Siedlungsgebiete wie folgt: "Als lineare Landschaftselemente sind Fliessgewässer – wie kein anderes Element des Naturraums – in der Lage, Stadtbarrieren zu durchdringen, [...] Lebensräume der freien Landschaft miteinander in Kontakt zu halten und selbst "Naturinseln" im Siedlungsbereich darzustellen". Als typischer Siedlungsbach ist das Chriesbachufer auch ein stark frequentiertes Naherholungsgebiet.

Das Beispiel des Kanton Zürich zeigt, dass Renaturierungen von Fliessgewässern wie alle gewässerbaulichen Massnahmen kostspielig sind. Damit sie ihrem Namen gerecht werden, müssen solche Vorhaben sorgfältig geplant werden. So ist etwa wenig bekannt über den "Naturzustand" von kleinen Fliessgewässern, da das Hauptinteresse der Fliessgewässerkunde den grossen Flusssystemen galt. Weiter lässt der lokal-geprägte Charakter von Bächen wenig Verallgemeinerungen zu; jeder Bach muss im Prinzip in seiner individuellen Situation betrachtet werden.

Es wäre schön, wenn diese Diplomarbeit dazu beitragen könnte, dass der Chriesbach eines Tages nicht mehr als monotoner Kanal an der EAWAG, am "Kompetenzzentrum für Gewässerfragen" vorbeifliesst, sondern sich zu einem positiven Beispiel für naturnahen Gewässerbau entwickeln kann.

## Fragestellung

Folgende Ziele stehen im Vordergrund dieser Diplomarbeit:

- Die Formulierung eines gedachten Naturzustandes für den Chriesbach
- Eine ökologische Beschreibung des Istzustandes
- Aus dem Vergleich der beiden ersten Punkte wird ein Renaturierungsbedarf abgeleitet, der in das gemeinsame Projekt "Naturnaher Ausbau des Chriesbachs" einfliesst.

Mir ist bewusst, dass diese Ziele sehr viele Aspekte umfassen, und dass es nicht möglich ist, im Rahmen einer Diplomarbeit eine wissenschaftlich befriedigende Untersuchung des Gebietes durchzuführen. Dies gilt sowohl für die naturhistorischen Ansätze zur Beschreibung eines "Urzustandes" als auch für die naturwissenschaftlichen Untersuchungen zum Istzustand. Viele Vereinfachungen mussten getroffen werden. Die Resultate erlauben wenig statistische Auswertungen und die Diskussion der Einzelthemen müsste zum Teil durch weitere Literaturrecherchen vertieft werden.

## Die Arbeitsgemeinschaft Renaturierung Chriesbach

Oft wird für ökologische Verbesserungen an Fliessgewässern eine Interdisziplinarität gefordert, welche mindestens Limnologie, Wasserbau und Planung umfasst (SCHUMACHER, 1991/WURZER, 1985). Wie diese Interdisziplinarität im Rahmen dieser Diplomarbeit ermöglicht wurde und wie die konkrete Arbeitsteilung aussah, soll hier kurz erläutert werden:

Die vorliegende Diplomarbeit ist Teil einer umfassenden Arbeit zum Thema "Naturnaher Ausbau des Chriesbachs". Zwei Diplomarbeiten an der EAWAG befassten sich mit dem gewässerökologischen Zustand des Chriesbachs. Neben gemeinsamen Feldaufnahmen wurden beispielsweise die chemischen und biologischen Daten gemeinsam mit Sandra Hocevar, Diplomandin an der Abteilung Biologie der ETHZ erarbeitet und diskutiert. Die resultierenden Renaturierungsempfehlungen dienten als Grundlage für die drei kulturtechnischen Diplomarbeiten.

Bei der Einarbeitung erwies sich eine Zusammenarbeit mit der Abteilung Kulturtechnik an der ETHZ als zweckmässig, insbesondere für die Bereiche Hydrologie, Wasserbau sowie für die konkrete Planung des naturnahen Ausbaus. Dank der Initiative des Koreferenten, Prof. Martin Fritsch, erhielt diese Zusammenarbeit eine praxisorientierte Form der Arbeitsgemeinschaft Chriesbach.

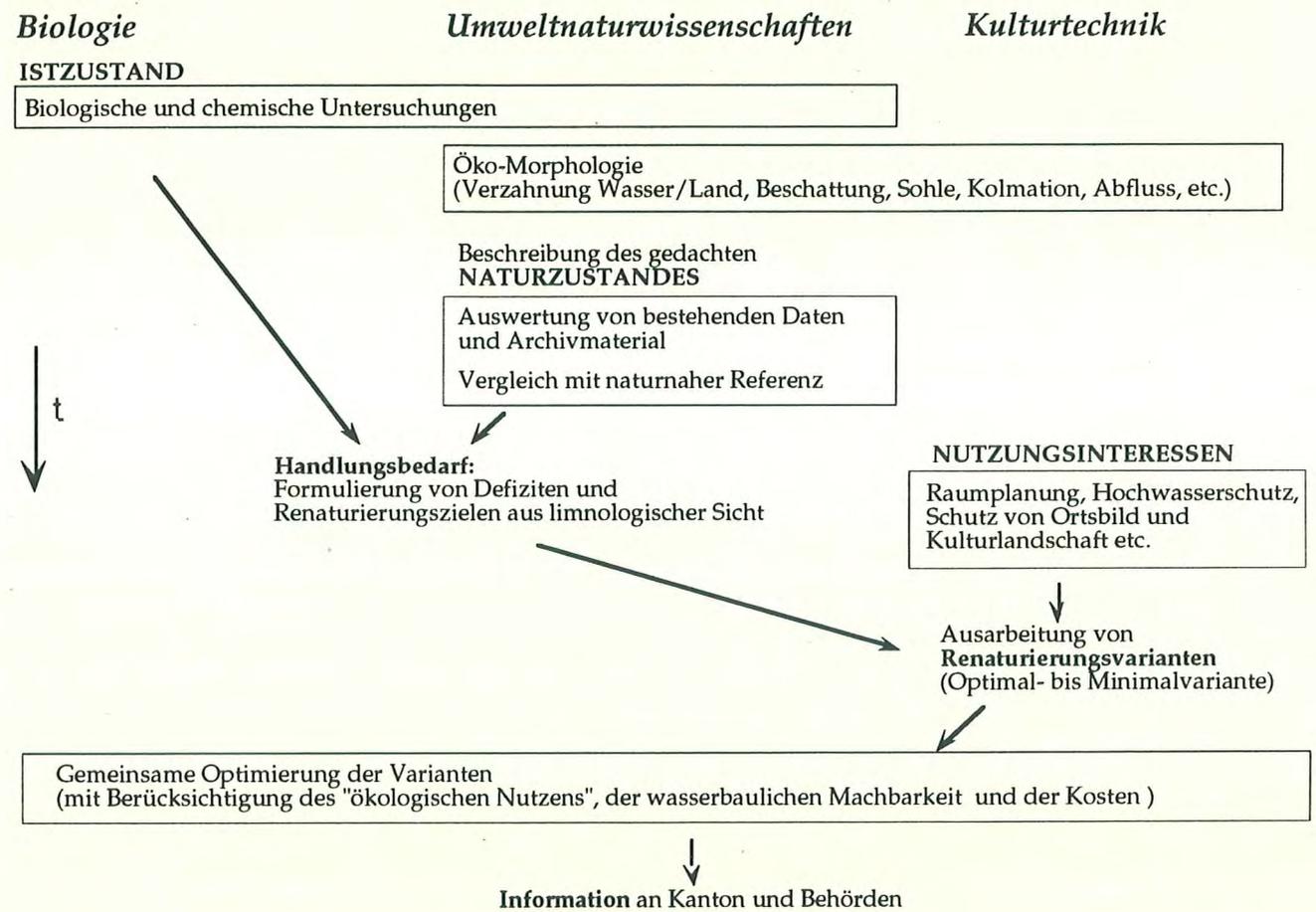


Abb. 1: Zusammenarbeit der Diplomarbeiten in der Arbeitsgemeinschaft "Renaturierung Chriesbach" Auf der horizontalen Achse sind die Fachrichtungen angegeben. Die vertikale Richtung entspricht dem zeitlichen Ablauf der Zusammenarbeit.

## Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit entspricht der Einteilung in der Abbildung 1:

Im ersten Hauptkapitel werden die Überlegungen und Untersuchungen zum "gedachten Naturzustand" behandelt. Dabei werden einleitend einige Gedanken zum Begriff Renaturierung gemacht. Diese dienen im letzten Kapitel als Ansatz für die Formulierung von Renaturierungszielen.

In der "Situationsanalyse" sind die Untersuchungen und Ergebnisse über Hydrologie, Gewässermorphologie, Chemismus und biologische Besiedlung des Chriesbachs beschrieben. In dieser Reihenfolge kommt eine gewisse Hierarchie der Parameter zum Ausdruck: Darin beeinflussen **Umgebungsparameter** wie Niederschlag und Geologie das **Habitat** im näheren Sinn (Morphologie, Chemismus etc.), welches seinerseits die **biologische Besiedlung** prägt (FRUTIGER, 1992). Diese Gliederung soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass innerhalb und zwischen den Hierarchiestufen Wechselwirkungen bestehen.

Es folgt eine Diskussion, die sich am Vergleich zwischen dem gedachten "Naturzustand" (Kapitel 2) und dem "Istzustand" (Kapitel 3) orientiert. Sie beinhaltet limnologische Ziele für ein Renaturierungsprojekt.

Zur besseren Übersicht werden die Methoden nicht in einem eigenen Kapitel, sondern zusammen mit den Ergebnissen erläutert und diskutiert. Ziel dieser Arbeit ist eine Beschreibung von verschiedenen Aspekten des Bachs, die hier zusammenhängend betrachtet werden sollen.

## 2. Der gedachte Naturzustand

### 2.1 Zum Begriff Renaturierung

Renaturierungsprojekte sind von verschiedenen, sich teilweise widersprechenden Motivationen und Zielvorstellungen geprägt. Dies kommt auch in der begrifflichen Vielfalt zum Ausdruck: Neben "Renaturierung" finden wir "Revitalisierung", "Restrukturierung", "Rehabilitation", oder man behilft sich mit der Formulierung "gedachter" oder "potentieller" Naturzustand. Im Französischen wird auch der Begriff "décorrection" verwendet.

Der Begriff "Natur" ist ein gedankliches Konstrukt und hat eine Geschichte. Er wurde zu verschiedensten Zwecken eingesetzt. Schon um 1800 wurde Natur als "eines der gefährlichsten Wörter in der französischen Sprache"<sup>1</sup> bezeichnet. Ein kleines Beispiel im Zusammenhang mit Fließgewässern bietet uns Georges-Louis de BUFFON (1854) in seiner *Historie naturelle*. Er unterscheidet zwischen der ursprünglichen Natur und der Natur der Zivilisation und hätte bestimmt auch von "Renaturierung" gesprochen, als er Gebiete wie das unten beschriebene trockenlegte um ihnen "Anmuth und Leben zu schenken".

"Die Natur scheint hier schon abgelebt. (...) In allen niedrigen Theilen dieser Gegend stockt todes Wasser, weil es weder Abfluss noch Richtung erhält; das schlammige Erdreich, das weder fest noch flüssig, und deshalb unzugänglich ist, (sic) bleibt den Bewohnern der Erde und des Wassers unbrauchbar. Sümpfe, die mit übel riechenden Wasserpflanzen bedeckt sind, ernähren nur giftige Insekten und dienen unreinen Thieren zum Aufenthalt."<sup>2</sup>

In dieser Arbeit werden drei Aspekte des heutigen Naturbegriffs hervorgehoben, welche Renaturierungsvorhaben prägen:

#### 1. Natur als "das Ursprüngliche"

Diese Bedeutung kommt in der Formulierung "zurück zur Natur" zum Ausdruck. Eine Renaturierung hat sich bei diesem Ansatz an einem Urzustand zu orientieren. Dieser ist oft nicht einfach zu rekonstruieren und erfordert das Studieren von alten Karten und Dokumenten sowie ein gutes Verständnis und Vorstellungsvermögen für lokale, naturräumliche Bedingungen. Eine wichtige Frage ist auch, welcher Zeitpunkt in der Geschichte zum Beispiel des Bachs massgebend sein soll.

Dies macht deutlich wie schwierig es bei der "Schaffung" von neuen Lebensräumen ist, ökologisch begründete Zielvorgaben zu formulieren. Es ist einfacher und oft sicherer, sich am natürlich (evolutiv) Entstandenen zu orientieren als Vorschläge zu machen, deren Folgen nicht wirklich abschätzbar sind.

---

<sup>1</sup> Joseph Joubert, *Les Carnets*, hrsg. von André Beaunier, Bd. 1, Paris 1938, S. 253. zitiert in LEPENIES 1983

<sup>2</sup> Georges-Louis de BUFFON, (1854): "La Nature" in: *Oeuvres philosophiques de Buffon*, hrsg. von Jean Piveteau, Paris

2. Natur als Gegensatz zur Kultur /Zivilisation

Natur wird hier als ein vom Menschen unbeeinträchtigt/unberührter Raum verstanden. Flächennutzungsanalysen, Belastungsuntersuchungen, das Erfassen von Störfaktoren aller Art dienen als Anhaltspunkte für eine Renaturierung. Eine konsequente Folgerung für Renaturierungen in diesem Sinn wäre zum Beispiel das Unterlassen aller Unterhaltsarbeiten.

3. Natur als die Gesamtheit der materiellen Bedingungen für Leben

Die Vorstellung, wieder Leben in ein System zu bringen, steckt im Begriff "Revitalisierung". In diesem Zusammenhang ist der klassische Artenschutz zu verstehen, in dem die Artenvielfalt oft als Mass für "Naturnähe" verwendet wird. Eine Renaturierung soll nach diesem Ansatz in erster Linie viele und diverse Habitate schaffen, was dem Begriff "Restrukturierung" vielleicht am besten entspricht.

Zum natürlichen Lebensraum gehört eine breite Palette von Bedingungen und Prozessen, die in ökologischen Konzepten beschrieben werden. Natürliche Energie- und Stoffflüsse zum Beispiel sollen erhalten bleiben, damit die wichtigsten Funktionen eines Ökosystems gewährleistet sind. REMMERT (1985) schreibt von einem Schutz der **ökologischen Prozesse**: "Das eigentliche Ziel des Naturschutzes muss also heute sein, die natürlichen ökologischen Prozesse zu schützen und sie wieder in Gang zu bringen."

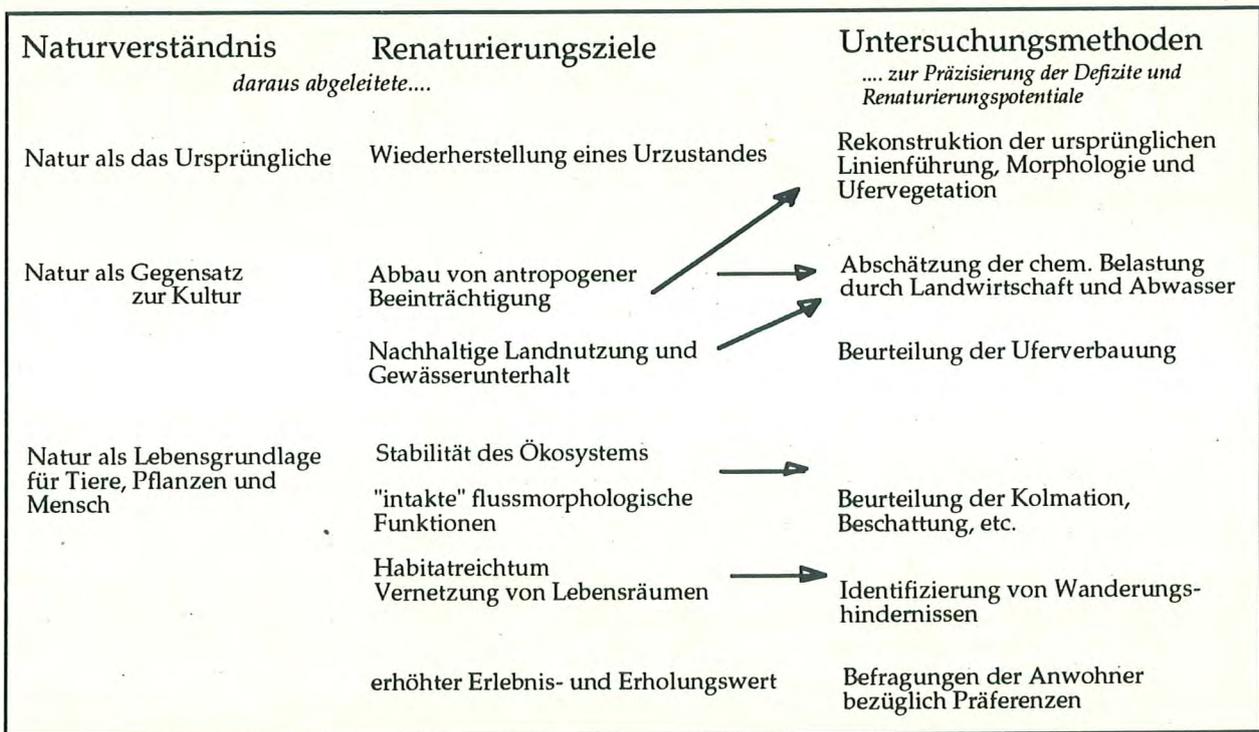


Abb. 2: Zur Bedeutung des Naturverständnisses bei Renaturierungszielen und Untersuchungsmethoden  
Die Pfeile verdeutlichen einige Zusammenhänge zwischen den theoretischen Renaturierungszielen und den aus ihnen hervorgehenden Untersuchungsmethoden.

Die unterschiedlichen Gewichtungen einzelner Zielvorstellungen bezüglich Renaturierung können zu Widersprüchen führen. Einige Beispiele:

Die Schaffung einer vielfältigen Niederwasserrinne, das Anlegen von Stillwasserzonen und anderen "Biotopen" kann zwar wesentlich zur Artenvielfalt des Ökosystems beitragen (Ansatz 3), jedoch in keiner Weise der ursprünglichen Linienführung (Urzustand) entsprechen.

Die Pflege von Riedwiesen und Hecken vermindert zwar Beeinträchtigungen durch die Landwirtschaft ("Kultur"), hat aber wenig mit dem "Urzustand" des Ufers zu tun.

Die Erhaltung eines Entwässerungsgrabens kann ein wesentlicher zur Artenvielfalt beitragen, ist aber mit menschlichen Eingriffen ("Kultur") verbunden. (Siehe Kap. 2.2.2)

Für den Chriesbach bedeutet dies zum Beispiel:

Um die Lebensbedingungen für Libellen am Chriesbach zu verbessern (Artenschutz), sollten die üppigen Wasserpflanzen wahrscheinlich nicht geschnitten werden. Diese aber werden von vielen Erholungssuchenden als "unnatürlich" empfunden.

Eine Renaturierung erfordert eine Gewichtung unterschiedlicher Wert- und Zielvorstellungen. Renaturierungsziele sind bereits aufgrund von verschiedenen ökologischen Kriterien, ein Kompromiss zwischen dem Wiederherstellen eines Urzustandes, der Pflege von traditioneller Kulturlandschaft und der Aufwertung des bestehenden ökologischen Potentials (Artenvielfalt).

## 2.2 Die historische Entwicklung des Gewässers

Die anthropogenen Beeinträchtigungen im Einzugsgebiet von Fließgewässern setzten bereits früh ein. Praktisch alle lassen sich auf Nutzungsinteressen oder Massnahmen zum Schutz des Menschen vor dem Gewässer zurückführen. Die Störungen können die Qualität, die Quantität des Wassers verändern oder die Gestalt des Gewässers betreffen. (FRUTIGER, 1991)

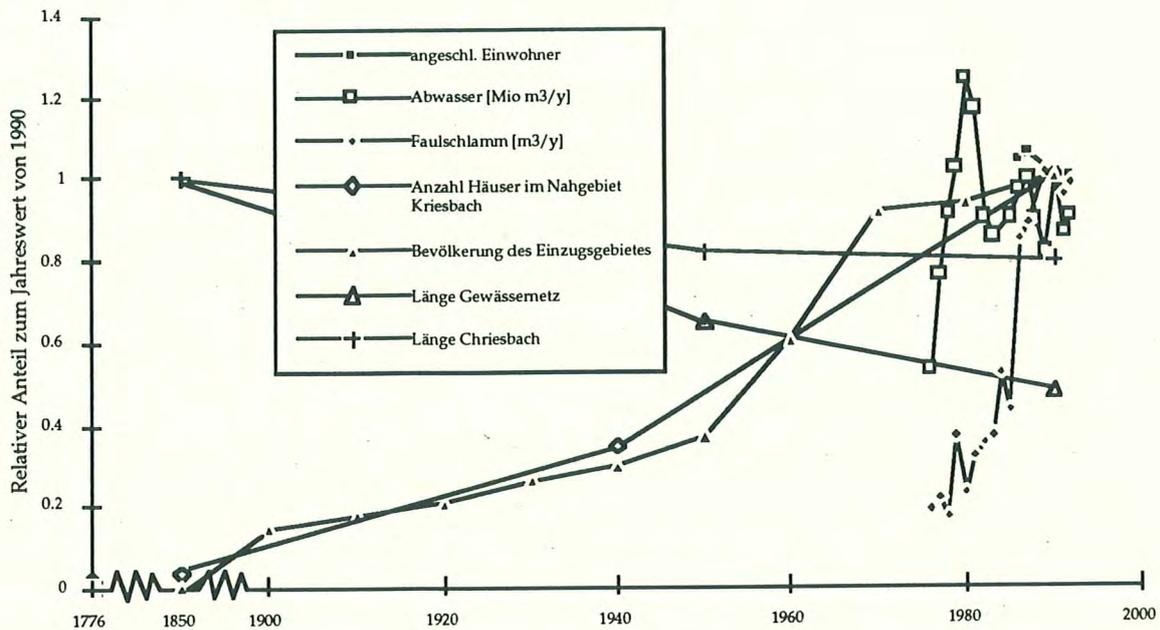
### 2.2.1 Einige gewässerrelevante Nutzungen im Einzugsgebiet

In folgender Graphik wurde versucht, einige für den Chriesbach wichtige Nutzungen des Gebietes zu quantifizieren.

Die **Bevölkerung** des Einzugsgebietes ist ein Schlüsselparameter. Die Zunahme in den 50er und 60er Jahren widerspiegelt zum Beispiel die rasche industrielle Entwicklung des Gebietes. Die **Anzahl Häuser** im näheren Einzugsgebiet kann als Indikator für die Versiegelungsfläche herangezogen werden.

Die **Faulschlammmenge** aus der Kläranlage weist auf eine Zunahme der Nährstofffracht mit Abwasser. (Sie wird zwar in der Kläranlage dem Wasser entzogen, gelangt aber indirekt durch landwirtschaftlichen Austrag wieder ins Gewässersystem.)

Die **Reduktion der Gewässerlänge** ist eine Hinweis auf wasserbauliche Eingriffe, wie Begradigungen, Trockenlegungen und Eindolungen und zeigt den quantitativen Verlust von Lebensräumen für die Fließgewässerbiozönose. Die Gesamtlänge des Gewässernetzes ist mehr zurückgegangen als die Länge des Chriesbachs, was auf eine stärkere Beeinträchtigung der (kleineren) Zuflüsse weist. (Dieser Punkt wird im Kapitel 2.2.2 näher diskutiert.)



**Abb. 3: Entwicklung einiger gewässerrelevanter Parameter im Einzugsgebiet**

Der Verlauf der Parameter ist im allgemeinen auf die Situation im Jahr 1990 bezogen. (Ausgenommen sind die Werte zur Gewässernetzlänge, die relativ zur Strecke von 1850 dargestellt sind.)

Die Anzahl Häuser wurde aus den im Kapitel 2.2.2 erwähnten Karten abgeschätzt. Die Bevölkerungszahlen wurden für die Werte für Gemeinden Dübendorf, Bassersdorf, Wallisellen und Wangen-Brütisellen genommen. Die Daten zur Abwasserreinigung stammen aus den Protokollen der ARA Eich.

### **Trockenlegung des Wangener Rieds**

"Das Wangener Ried wäre heute wohl ein Naturschutzgebiet von nationaler Bedeutung", schreibt MAEDER (1985). Um die Jahrhundertwende aber galt es als "tostlose Wüste mit wildem Gestrüpp, Sumpf- und Streuland mit Schilf und Riedgräsern". Es ist in diesem Bericht aber auch die Rede von seltener Eiszeitflora, für welche berühmte Botaniker von weit hergereist kamen.

Bis ca. 1800 war das Gebiet gemeinsames Eigentum der Anrainergemeinden; die Nutzung als Streuland und zur Holzgewinnung war bescheiden. Mit der Helvetik wurde es aufgeteilt und zur Gewinnung von Torf genutzt. Wenn auch der Gedanke, die grosse Fläche trocken zu legen, bereits um 1770 auftauchte, kam es erst mit dem Bau des Dübendorfer Flughafens zu Beginn dieses Jahrhunderts zu dessen Durchführung.

### **Bau der Kanalisation**

Ein interessanter Aspekt zur quantitativen Entwicklung des Gewässers ist der Bau des Kanalisationsnetzes. Diese unterirdischen neuen "Fließgewässer" stellen zwar keine Lebensräume dar, sind aber für die Hydraulik des Abflussregimes von grosser Bedeutung da sie die Entwässerung des Gebietes beschleunigen die Rückhaltekapazität vermindert wird.

### **Bau der Abwasserreinigungsanlage von 1974**

Die Abwasserreinigungsanlage Eich ist für den Chriesbach von grosser Bedeutung, da sie ihn mit ca. 2 Millionen m<sup>3</sup> pro Jahr zu 25% speist. Die Auswirkungen der chemischen Belastung werden im Kapitel Chemische Untersuchungen näher diskutiert.

### Absenkung und Begradigung des Chriesbachs 1978-1983

Verschiedene Gründe werden für den letzten Ausbau des Chriesbachs angegeben. Einerseits erforderte die Senkung der Glatt eine "Anpassung" ihres Zuflusses. Juristisch gehörte die Gewässerkorrektur zum Bau der Autobahn N1, dessen Vorfluter der Altbach ist. Im übrigen sollte die Absenkung einer Vernässung von genutzten Flächen (zum Beispiel einer Gärtnerei) aufheben.

Das erste Bauprojekt "stieß jedoch auf starken Widerstand, indem ihm im Einspracheverfahren hauptsächlich vorgeworfen wurde, der heutige natürliche Bachlauf würde dadurch weitgehend in eine Kanal verwandelt" (Regierungsrat, 1974). Eine Überarbeitung der ursprünglichen Pläne verhalf dem Chriesbach zu seiner heutigen "leicht geschwungenen Linienführung". Über 25 Eingaben in der Bevölkerung verzögerten aber auch dessen Umsetzung. Die meisten dieser Eingaben betreffen Enteignungen, welche der Hochwasserschutz erforderte, der im Übrigen als zu grosszügig kritisiert wurde. Da der Ausbau Teil des Nationalstrassenprojekts war, wurden die Einwände im allgemeinen Interessen, wie sie zum Beispiel vom Präsidenten des Verkehrs- und Verschönerungsverein Dübendorf angemeldet wurden nicht berücksichtigt. Darin wurde die Erhaltung der bestehenden natürlichen Gehölzes, eine Integration des alten Bachlaufs, differenzierte Bachquerschnitte sowie den Verzicht auf Unterhaltswege gefordert. Die Kosten dieses Projekts wurden mit 18 Mio Fr. veranschlagt. Die Normalprofile der Ausbaupläne sind im Anhang abgebildet.

### Gewässerunterhalt

Seit 1985 werden mehrmals jährlich die Wasserpflanzen aus dem Chriesbach entfernt. Sie werden mit einer Sense geschnitten und mit einem Greifarm mechanisch aus dem Bach gezogen (Siehe Photo im Anhang). Auf diese Art wurden dieses Jahr ca. 35 Tonnen (Nassgewicht) organisches Material aus dem Bach getragen und der Kompostierung zugeführt. Das Mähen dauerte 14 Tage und verursachte eine beträchtliche Zunahme der partikulären Fracht. Für eine grobe Abschätzung dieser Fracht und um Hinweise über die Auswirkungen auf die Biozönose zu erhalten, wurden Driftmessungen durchgeführt.

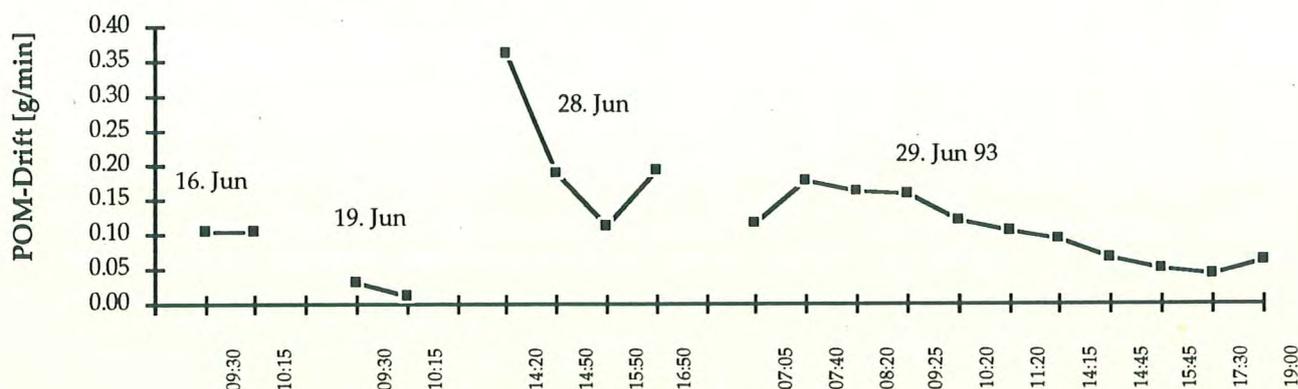


Abb. 4: Driftmessungen vor und während dem Schneiden der Makrophyten (28, 29 Juni)

Die geschnittenen Makrophyten wurden mit einem groben Sieb von der Probestelle ferngehalten. Das Driftnetz wurde jeweils während 15 Minuten ausgesetzt. Da der Abfluss als konstant angenommen werden kann, lassen sich diese Werte leicht umrechnen: Bei einer Fließgeschwindigkeit von ca. 10 m/sec. und einer Querschnittsfläche von 90 cm<sup>2</sup> entsprechen 1 g/Min. 1.8 mg/l. Bei  $Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{sec.}$  entspricht eine Driftzunahme von 0.25 g/Min. bereits 9t POM/Tag das zusätzlich in die Glatt geschwemmt wird. (POM: partikuläres organisches Material)

### 2.2.2 Entwicklung des Gewässernetzes / Linienführung

Um die quantitative Veränderungen des Gewässernetzes festzustellen, wurden folgende Karten verglichen:

	Jahr des Erscheinens	Massstab	Blatt Nr.
Gigerkarte	1676	ca. 1 : 23'000	
Dufour-Karten	1850	1:25'000	VIII/4, IX/1
Siegfried-Atlas	1940-43	1:25'000	Blatt Nr. 159, 210
aktuelle Landeskarte /Ortsplan	1990	1:25'000/1: 5'000	

Zur Bestimmung der Gewässerlänge wurden die letzten drei Karten im Massstab 1:25'000 nach massstabgetreuer Übernahme mit einem Zeichenprogramm vermessen. Die so ermittelten Karten des Gewässernetzes sind im Anhang abgedruckt. Eine wichtige Einschränkung dieses Ansatzes ist die unterschiedliche Naturtreue der Karten. Die berechneten Wasserlängen können nur bedingt verglichen werden, da nicht immer die gleichen Kriterien angewandt wurden, um zu entscheiden, ob ein Bach eingetragen wird. Es ist auch anzunehmen, dass die Genauigkeit des Verlaufs in der Kartenwiedergabe selbst bei gleichem Massstab unterschiedlich ist.

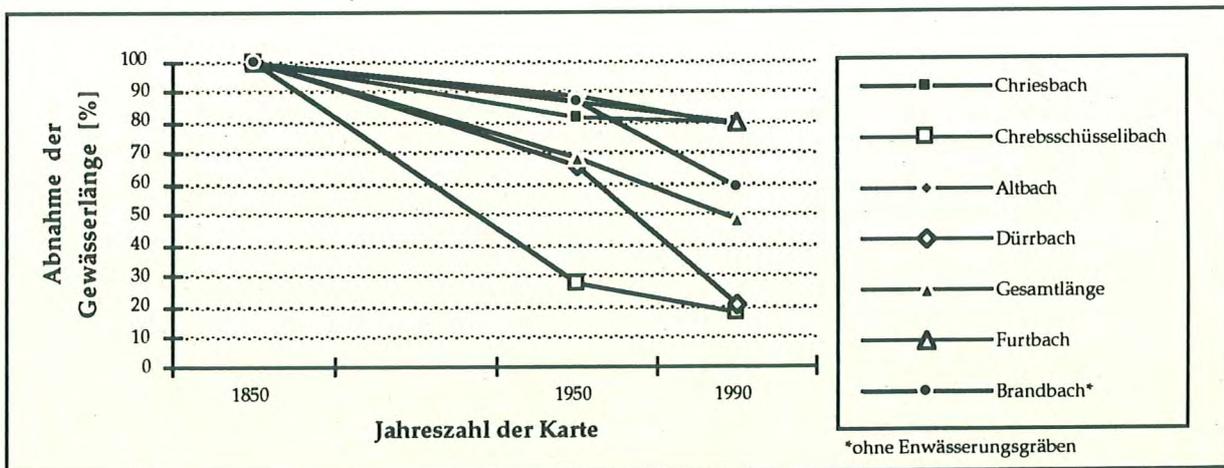
**Tabelle 1: Quantitative Entwicklung des Gewässernetzes (Angaben in m)**

Jahr	Gewässernetz Totallänge	Chriesbach	Altbach	Dürrbach	Chrebs- schüsselib.	Furtbach	Brandbach
1850	19000	2600	4800	5150	4190	690	1590
1950	13000	2120	4220	3410	1150	*	1370(+1400)**
1990	9100	2060	3800	1060	730	550	940

\* Der Furtbach ist in dieser Karte nicht eingetragen

\*\* In Klammern: Die Länge der Entwässerungsgräben, die zu dieser Zeit angelegt wurden

Alle Abschnitte des Gewässernetzes zeigen einen steten Rückgang der Fließstrecke. Der grösste Verlust an Gewässerlänge erfolgte mit der Trockenlegung des Wangener Rieds. Über 4 km (ca. 80%) Fließstrecke ist damit im Gewässernetz des Dürrbachs im Lauf der letzten hundert Jahre verschwunden.



**Abb.ildung 5: Prozentuale Abnahme der Gewässerlängen seit 1850**

Der Chriesbach ist in dieser Folge der einzige Bach, dessen Längenverlust nur auf die Begradigung (keine Eindolungen) zurückzuführen ist. Mit der neuen Linienführung ist er ca. 20% kürzer als 1850. Von den Kürzungen am stärksten betroffen ist der Chrebschüsselibach, der mit der Eindolung beim Bau des Flughafens über 80% seiner Gewässerlänge verlor.

Interessant ist die Entwicklung des Brandbachs: bei der Trockenlegung des *Dietlikeregerts* und der *Dietlikerwiesen* erscheint in der Karte von 1940 ein Netz von über 1,4 km Entwässerungsgräben. Sie sind in Abbildung 6 der Übersichtlichkeit wegen nicht berücksichtigt. Es ist denkbar, dass dieser Eingriff eine Habitatbereicherung für die ehemaligen Feuchtwiesen brachte. Deshalb sollten sie miteinbezogen werden bei einer Interpretation der Gewässerlänge als Lebensraum für Fliessgewässerbiozönosen. Zumindest im Vergleich zum heutigen unterirdischen Drainagesystem dürfen die oberflächlichen Entwässerungsgräben als naturnaher eingestuft werden. Mit Einbezug dieser Entwässerungsgräben würde also der Verlust von naturnahen Oberflächengewässern für den Brandbach seit 1950 circa 1.83 km (65%) betragen.

### 2.2.3 Ufervegetation

Das typische Bild eines Mittellandbachs, der umsäumt von einer Baumallee durch eine offene Talsohle mäandriert, entspricht wohl kaum dem Urzustand. Viel eher müssen wir für das Mittelland von einem Waldbach ausgehen, der stark beschattet ist und viel Totholz enthält.

Besonders im Hinblick auf die Beschattung wurde versucht, mit älteren Bildern einen Eindruck über die ursprüngliche Ufervegetation zu gewinnen. Geht man von der Klimaxgesellschaft für diese Höhenstufe, eines Eichen-Buchenwaldes aus (ELLENBERG, 1978) mag es erstaunen, dass in einem Bild von 1850 eines Zuflusses im Glattal (vielleicht der Chriesbach?) nur vereinzelte Bäume sichtbar sind (sh. Anhang). Auch in der Gigerkarte (1667) ist das Umland des Chriesbachs als offene Fläche eingezeichnet.

Die Bedingungen im Gebiet des Chriesbachs waren wahrscheinlich zu nass für Eichen-Buchenwälder. Als azonale Waldtypen kommen Birken- und Schwarzerlenbruchwälder in Frage, wobei der Schwarzerlenbruchwald auf nährstoffreicheren und alkalischen Böden vorkommt (ELLENBERG, 1978). Das flache Gefälle und die Grundwasserspeisung verhindern eine ausgeprägte Dynamik des Abflusses, welche für die Ausbildung von Auenwäldern nötig wäre. Der Bruchwald ist wie der Auenwald im Wirkungsbereich des Grundwassers, wird aber nicht regelmässig von Flusswasser überschwemmt und mit mineralischen Sedimenten versorgt. Es bildet sich ein Boden, der reich an organischem Material ist.

An Stellen mit mittleren Wasserstandsschwankungen ist es jedoch denkbar, dass sich eine Übergangsform zwischen Bruch- und Auenwald, der sogenannte Bach-Eichen-Erlenwald ausbilden konnte. Da viele Flurnamen den Namen Eiche enthalten (Egert, Dietlikeregert, Egerwiesen etc siehe Karte im Anhang) ist anzunehmen, dass solche Ausbildungen von Menschen gefördert wurden. An trockeneren, höher gelegenen Stellen wurden sie wahrscheinlich als Eichenmischwald genutzt. Es ist in den Chroniken gar von langjährigen Streiten um den Besitz von Eichenbeständen zwischen Dietlikon und Bassersdorf die Rede (MAEDER, 1985). Der Uebergang von Wald zu Waldweide und schliesslich zum extensiven Ackerbau hatte einen bedeutenden Einfluss auf das Abflussregime, aber auch die Wasserzusammensetzung von Fliessgewässern. "Sobald Waldböden vergrasen oder verheiden und den Regenfällen stärker ausgesetzt sind als zuvor, wird nämlich die Auswaschung von leicht löslichen Salzen und von Kalk beschleunigt. Auf Böden, die von vornherein kalkarm waren oder stark ausgelaugt wurden, siedeln sich Pflanzengemeinschaften, wie die *Calluna* Heiden an." (ELLENBERG, 1978)

Grosse Bereiche, insbesondere das Wangener Ried, waren wohl überhaupt zu feucht für die Ausbildung eines Waldes. Als natürliche Vegetation eines durchfeuchteten Quellsumpfes sind Kalk-Kleinseggen (*Tofieldietalia*, *Caricion davallianae*) zu erwarten. Auch diese sind jedoch zum grossen Teil aus Bruchwäldern anthropogen entstanden, durch gelegentliches Mähen.

Die Ufervegetation der letzten Jahrzehnte ist auf Luftaufnahmen der Landestopographie festgehalten. 1940 sind nur vereinzelte Bäume am Bachufer zu erkennen. Damit wird offensichtlich, dass der Chriesbach schon mehrere Jahrzehnte kaum beschattet war. Neuere Bilder von 1951, 1971 und 1990 zeigen, dass sich im Lauf der letzten 50 Jahre ein lockerer Saum entlang des Chriesbachs gebildet hat.

### 3. Situationsanalyse

#### 3.1 Hydrogeologie

Das Grundwassergebiet Dübendorf (Bezeichnung in Grundwasserkarte: g1) wird in den Erläuterungen zur Grundwasserkarte als späteiszeitlicher Rückzugsschotter auf siltreicher glazialer Seeablagerung beschrieben. Das Grundwasser wird durch Niederschlag auf dem Gebiet, Hangwasser sowie durch eine mässige Infiltration aus der Glatt und dem Chriesbach gespeisen. Eine Auswirkung der Absenkung des Chriesbachs (und der Glatt) ist ein Rückgang der Ergiebigkeit der Grundwasserfassungen der EMPA (g 1-16). 1980 wurde aus diesem Grund ein zweiter Brunnen in Betrieb genommen. Eine frühere Trinkwasserfassung (g 1-1 Storchen im Zentrum der Stadt Dübendorf) wurde wegen Verschmutzung eingestellt.

Im Bereich östlich des Altbachs liegt artesisch gespanntes Grundwasser in tieferen Grundwasserstockwerken vor. Dieses Grundwassergebiet (Galgenwiesen, Wangen-Brüttisellen, g10) erstreckt sich bis an den Nordrand des Flugplatzes.

Im Bereich des Grundwasserbeckens bei Wangen erfolgte ein weiteres Absinken des Grundwasserspiegels. Wo beispielsweise 1884 noch 1141 l/min frei ausfliessendes Ueberlaufquellwasser gemessen wurden, gibt es heute keinen oberflächlichen Grundwasseraustritt mehr. (KEMPF, 1987)

Das Wasser der Schotterrinne Müliholz-Hegnau-Flugplatz Dübendorf (g3 und Teil von g5) gelangt in das früher nasse Gelände in der Umgebung des Flughafens und wird heute durch zahlreiche Drainagen in den Chriesbach entwässert. Ein Zusammenstossen mit dem älteren und mächtigeren Aathalschotter erfolgt bei Müliholz.

### 3.2 Hydrologie (Abfluss)

Seit 1981 werden durch am Chriesbach kontinuierlich Pegelstände aufgezeichnet. Zusätzlich werden einmal pro Jahr Abflussmessungen durchgeführt. Diese Daten des Amts für Gewässerschutz konnten wir durch eigene Abflussmessungen ergänzen (Anhang 13).

Eine Beziehung zwischen Pegelstand und Abflussmengen ist aus diesen Daten jedoch nicht direkt herzustellen. Die Wasserpflanzen leisten einen bedeutenden Beitrag zur Gerinnerauhgigkeit und beeinflussen den Pegelstand damit auf eine Art, die schwer abzuschätzen ist. Beispielsweise vermindert sich der Einfluss bei Hochwasser gegenüber dem Normalpegelstand, da die Wasserpflanzen durch die starke Strömung niedergedrückt werden.

Ein klarer Hinweis auf die Bedeutung der Makrophyten ist in Aufzeichnungen des Pegelstandes beim jährlichen Mähtermin zu erkennen: Der Pegelstand fällt jeweils um 20 - 50 cm auf fast die Hälfte des vorherigen Niveaus. (siehe Pegelaufzeichnungen im Anhang) Dieser Effekt ist auch noch in den Monatsmitteln in der Abbildung 6 zu erkennen:

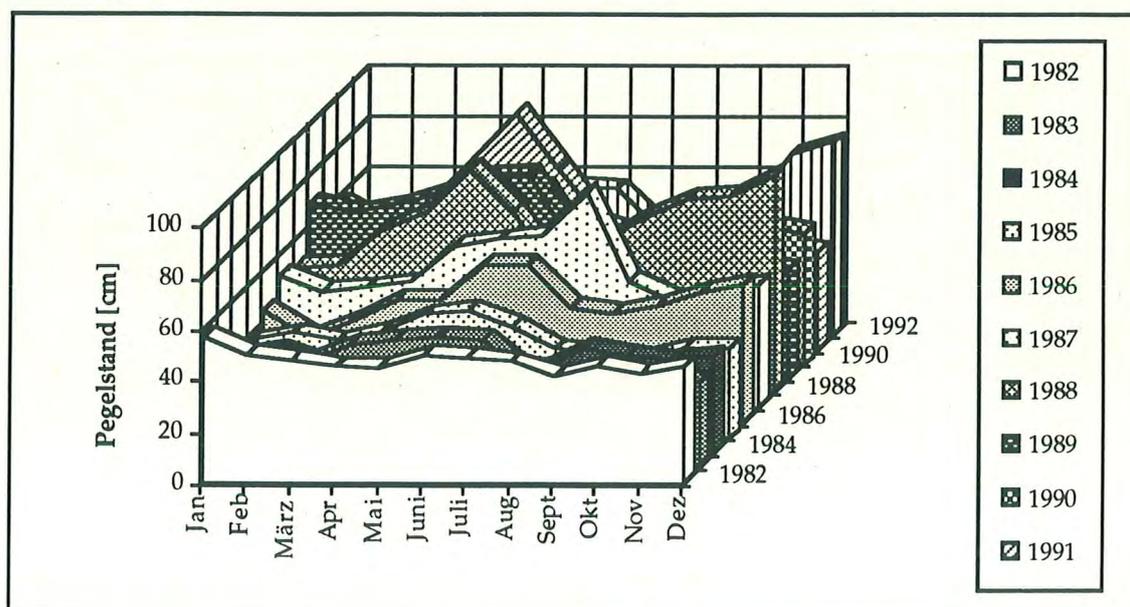
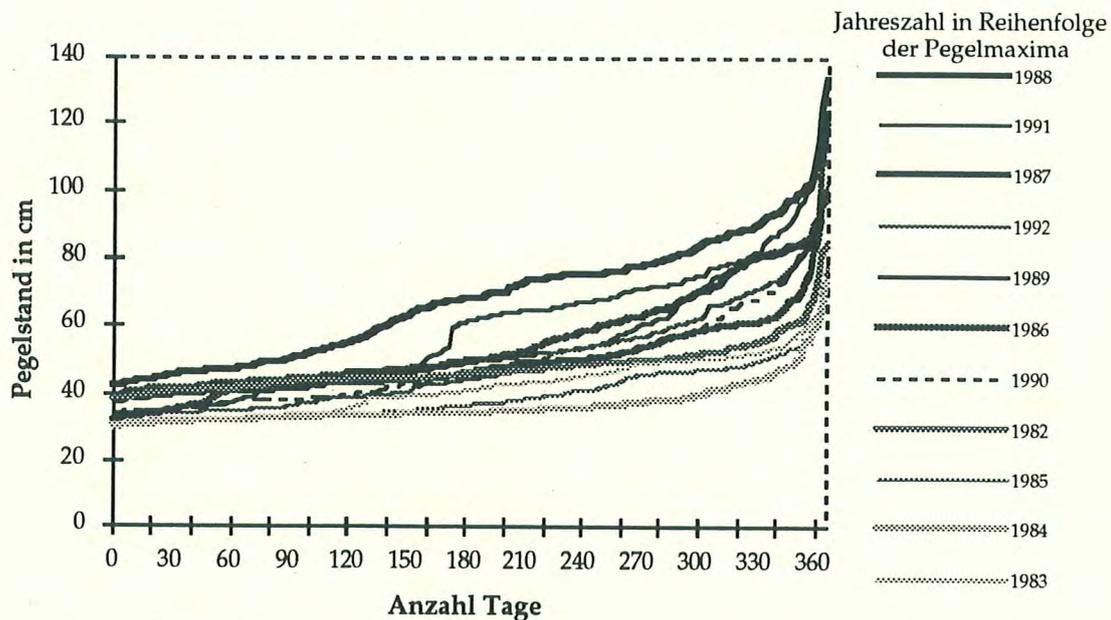


Abbildung 6: Monatsmittel der Pegelstände von 1982 -1992

Der Jahresverlauf der Pegelstände wird in erster Linie durch das Vorkommen der Makrophyten bestimmt. Nach ihrem Schneiden in den Sommermonaten fällt auch der Monatsmittelwert stark ab. In einigen Jahren (besonders deutlich: 1988) folgt nach dem Schneiden eine zweite Wachstumsperiode. Die Entwicklung über die letzten 10 Jahre zeigt einen Trend zu höheren sommerlichen Mittelwasserständen, der wahrscheinlich auf die Ausbreitung des flutenden Hahnenfusses zurückzuführen ist.

Als Dauerkurven dargestellt zeigt die Pegelstände wichtige Merkmale des Abflussregimes und des Einzugsgebiets. Der flache Verlauf der Kurven in Abbildung 7 und das geringe Verhältnis von hohen zu mittleren Pegelständen (2-3) weisen auf relativ ausgeglichene Abflussverhältnisse, wie sie für einen mit Grundwasser gespiesenen Bach in einem flachen Einzugsgebiet typisch sein dürften (FRUTIGER, 1992). Die Einbrüche im Mittelbereich der Kurven (besonders ausgeprägt im Jahr 1992) weisen auf den Eingriff durch das Mähen der

Makrophyten hin. Sie stellen den Übergang zwischen zwei typischen Niveaus des Pegelstandes dar: für die Situationen mit und ohne Makrophyten.



**Abbildung 7; Dauerkurven der Pegelstände des Chriesbachs für die Jahre 1982- 1992.**

Auf der Abszisse ist die Anzahl Tage angegeben, an denen der Pegelstand unterschritten wird. Die ersten 5 Kurven (1982 - 1986) sind grau eingezeichnet. Sie liegen im allgemeinen tiefer als die Kurven der folgenden 5 Jahre (schwarz). Auch die Pegelmaxima (Wert bei 365) zeigen eine leicht steigende Tendenz im Verlauf der letzten 10 Jahre.

Im weiteren wurde versucht, die Annahme, dass eine zunehmende Tendenz für Hochwassereignisse besteht, mit Hilfe des Verlaufs der vorhandenen Tagesmittelwerte zu überprüfen: Es wurde der **Rückgang des Pegelstandes** nach einem Regenereignis betrachtet, da der Anstieg innert Stunden erfolgt und in den Tagesmittelwerten nicht erkennbar ist. Eine "Hochwasserspitze" wurde rechnerisch definiert als ein Anstieg des Pegels innerhalb eines Tages, auf den ein stetiger Abfall folgt. Aufgrund der unterschiedlichen Dauer des Pegelrückgangs wurde zwischen 1-Tages bis 6-Tagesspitzen unterschieden. Die Höhe einer Hochwasserspitze wurde als Differenz zwischen dem maximal erreichten und dem letzten Wert nach dem Abklingen der Pegelkurve definiert.

Im allgemeinen müssten solche Berechnungen mit Abflussdaten durchgeführt werden. Da jedoch die Beziehung zwischen Pegel und Abfluss wegen der Makrophyten gerade bei Hochwassern sehr unklar ist, wurde die Betrachtung von "Pegelstandsschwankungen" vorgezogen. Ein weiterer systematischer Fehler ergibt sich dadurch, dass rasch aufeinander folgende Regenereignisse, wie sie oft in Regenperioden auftreten, nicht bzw. nur als 1- oder 2-Tagesspitzen erfasst werden. Da es sich aber ohnehin um eine grobe Betrachtung handelt, wurde auf die Interpretation von solchen sich überlagernden Spitzen verzichtet.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen zeigten keinen klaren Trend in der Entwicklung der Pegelstandsschwankungen. Der untersuchte Zeitrahmen ist zu kurz um eine Entwicklung zu erkennen, die über die jährlichen Schwankungen ausgeht. Die berechneten Regression weisen sehr schwache Korrelationen auf. Eine schwache Abnahme der Anzahl 4 -Tagesspitzen ist jedoch aus den Daten zu erkennen. Zugleich nimmt aber die Höhe dieser Pegelstandsschwankungen zu: Die lineare Regression gibt einen Anstieg von 0.15 cm /Jahr an ( $r^2 = 0.35$ )

### 3.3 Gewässermorphologie

#### 3.3.1 Gewässerzustandskartierung nach Werth

Die Methode der gewässermorphologischen Zustandskartierung nach WERTH (1987) bietet einen grossräumigen, guten Überblick zur ökologisch relevanten Morphologie eines Fliessgewässers. Sie wird seit 1983 in Österreich systematisch eingesetzt, und liefert eine wichtige Ergänzung bei der chemisch-biologisch orientierten Standardmethoden zur Bestimmung der Gewässergüte.

Die Klassierung erfolgt in einer siebenstufigen Skala von Zustandsklassen, welche sich nach dem Grad der Naturnähe richten. Bei der Feldbegehung werden an Ort und Stelle fünf Summenparameter, die *Linienführung*, die Beschaffenheit der *Sohle*, die Wasser/Land *Verzahnung* sowie die *Böschung* und das *Ufergehölz* betrachtet und mit Hilfe von konkreten Kriterien beurteilt.

Auf der folgenden Karte werden die 5 Summenparameter und ein Gesamturteil in der vorgeschlagenen Farbeneinteilung dargestellt. Oft wird aufgrund von prinzipiellen Überlegungen gefordert, auf eine Mittelwertbildung zu verzichten (BOSTELMANN, 1990). Kritisiert wird die arithmetische Verrechnung von Werten in einer Ordinalskala, die Tatsache, dass die Parameter nicht unabhängig voneinander sind und die Vermischung von abiotischen und biotischen (Ufergehölz) Faktoren. Zum letzten Kritikpunkt ist gerade im Hinblick auf den Chriesbach folgendes einzuwenden: Das Ufergehölz wurde weniger auf seine biologische Funktion, als auf die Beschattungswirkung und Uferstrukturierung hin untersucht - Parameter die eher als morphologisch-strukturell einzustufen sind. Vielleicht müsste konsequenterweise auf das von Werth beschriebene Beurteilungskriterium "einheimische Artenzusammensetzung" verzichtet werden.

Um die Übersichtlichkeit beizubehalten, eine wesentliche Stärke dieser Methode, wurde die Gesamtbewertung dennoch dargestellt.

#### *Diskussion der Methode, Anwendbarkeit auf den Chriesbach*

Die Anwendung auf den Chriesbach, zeigte einige prinzipielle Schwierigkeiten der Werth'schen Klassierungsmethode:

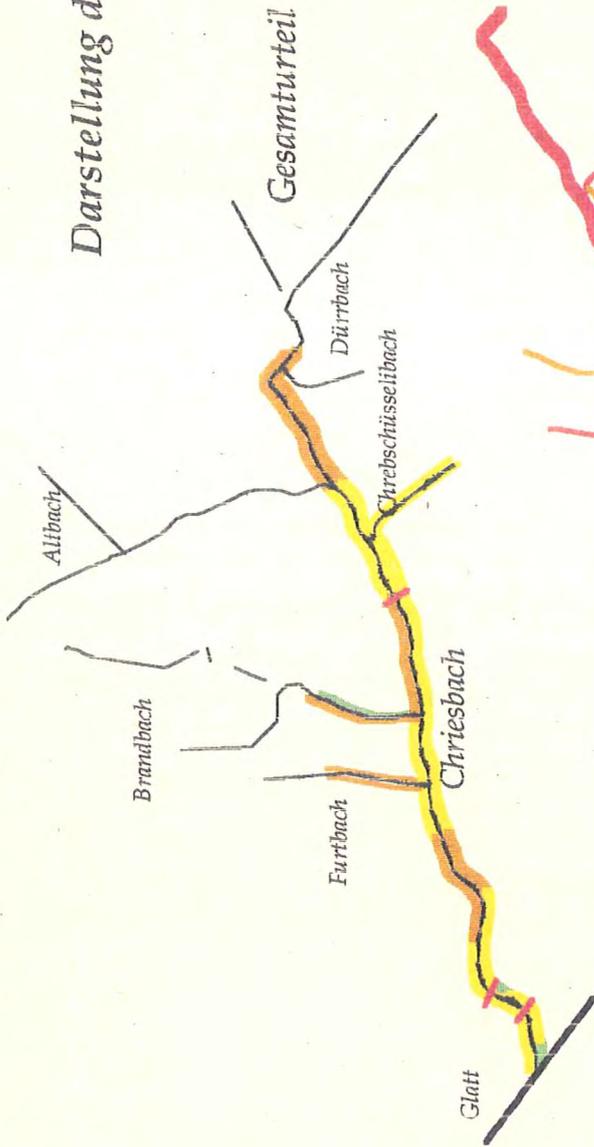
Es handelt sich um eine grossräumige Bewertungsmethode, die für lokale Fragestellungen nicht genügend differenziert. Dies äusserte sich darin, dass die Bewertung der Chriesbach-Abschnitte sich nur innerhalb drei Klassen bewegt.

Die Methode basiert auf einer Beurteilung der Naturnähe. Der natürliche Zustand ist aber für den Chriesbach schlecht vorstellbar. Diese Schwierigkeit gilt allgemein für Bäche und besonders im Flachland (BOSTELMANN, 1990). Es fehlen wichtige Grundlagenkenntnisse. Die Beurteilung richtet sich daher mehr an den offensichtlich schwerwiegenden Eingriffen aus.

# Darstellung der Gewässerzustandskartierung nach Werth



Massstab 1 : 25 000



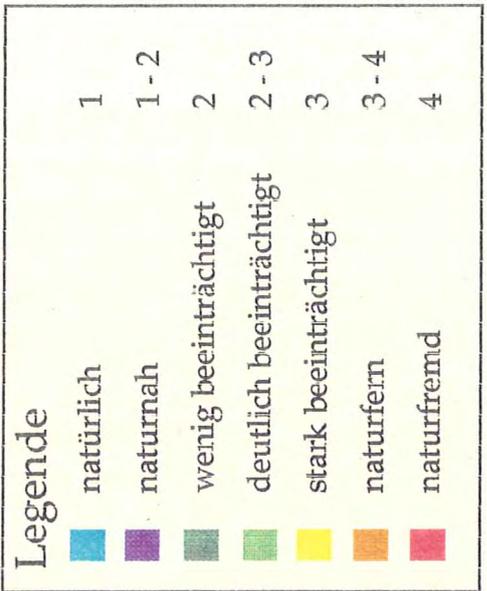
Linienführung

Sohle

Verzahnung Wasser/Land

Böschung

Gehölz



### 3.3.2 Gerinnemorphologie

#### Zielsetzung

Das Gerinne des Chriesbach ist sehr einheitlich. In der Breite ist infolge des durchgehenden Blockwurfs kein flussmechanischer Spielraum zu erkennen. Dies hat zur Folge, dass auch die Strömungsverhältnisse sehr konstant sind und sich kaum räumliche Unterschiede der Sohle, wie Pool-Riffle-Sequenzen, oder periodische Trockenstellen ausbilden können. Die nähere Beschreibung des Gerinnes soll ein differenzierteres Bild über diese räumliche Struktur geben. Insbesondere die Heterogenität der Maximaltiefe gilt als Indikator für Habitatreichtum und wird in der Fischereibiologie oft angewandt. (JUNGWIRTH, 1983)

#### Methodik

Wegen der Einförmigkeit des Gerinnes wurde nur an 2 Stellen, den beiden Teststrecken der Abfischung, eine ausführliche Morphometrie aufgenommen. Jeweils 20 detaillierte Aufnahmen (im Abstand von 10 Metern) beinhalten sämtliche Parameter:

- das Querprofil mit Tiefenangabe alle 50 Zentimeter,
- die Wasserbreite
- die tiefste und flachste Stelle im Querprofil
- die Breite des Pflanzenbewuchs sowie
- eine kurze Charakterisierung der engeren Kontaktzone Wasser-Land.

Bei 20 weiteren reduzierten Aufnahmen wurde auf den ersten Punkt verzichtet.

#### Ergebnisse

Tabelle 2: Morphometrische Charakterisierung der Strecken V und I

	Strecke V (bei EAWAG)			Strecke I (Oberlauf)		
	Mittel [cm]	Varianz [cm <sup>2</sup> ]	VC *[%]	Mittel [cm]	Varianz [cm <sup>2</sup> ]	VC [%]
Breite	409	511	6	430	382	5
Minimaltiefe	27.8	84.1	33	21	65	38
Maximaltiefe	47.4	60.4	16	40.5	45	17
Mittlere Tiefe	38.4	53.3	19	34.6	28.7	16
Benetzter Umfang	472	928	6	504	7357	17
Querschnittsfläche**	15700	10,3 x 10 <sup>6</sup>	20	15000	7,0 x 10 <sup>6</sup>	18

\*VC: Variationskoeffizient = Standardabweichung/Mittelwert\*100. Er wird als Mass für die Heterogenität des betreffenden Parameters angegeben.

\*\* Einheiten für Flächen: cm<sup>2</sup>, bzw. cm<sup>4</sup>

In erster Linie zeigen die Zahlen, was schon im Feld erkennbar ist: Die beiden Strecken sind sich sehr ähnlich. Die Variationskoeffizienten sind relativ tief und liegen im Bereich, der für begradigte Fliessgewässer angegeben wird (1-20%). PETER (1990) gibt für naturnahe Gewässer Variationskoeffizienten zwischen 50-100% an.

Der Variationskoeffizient für die mittlere Tiefe, liegt bei der unteren Strecke leicht höher. Dies kann durch eine höhere Substratvielfalt erklärt werden: Zumindest sind Ansätze von Sandbänken erkennbar, die wahrscheinlich von den Makrophyten stabilisiert werden. So entstehen Strecken von bis zu 50 m Länge, die flacher sind und in denen das Wasser schneller strömt. In der Strecke I ist die Sohle von grösseren Steinen geprägt und daher weniger beweglich. (Siehe Linienanalysen im folgenden Kapitel).

Die höhere Variation bei der oberen Strecke für den benetzten Umfang und die Minimaltiefe sind durch die Uferübergänge zu erklären: Sie sind im allgemeinen weniger steil oder laufen teilweise flach aus.

### 3.3.3 Sohle / Kolmation

#### *Zielsetzung, Material und Methode*

Um einen Eindruck über die Durchlässigkeit und Dichte der Sohle zu erhalten, wurden an ausgewählten Standorten folgende Messungen durchgeführt:

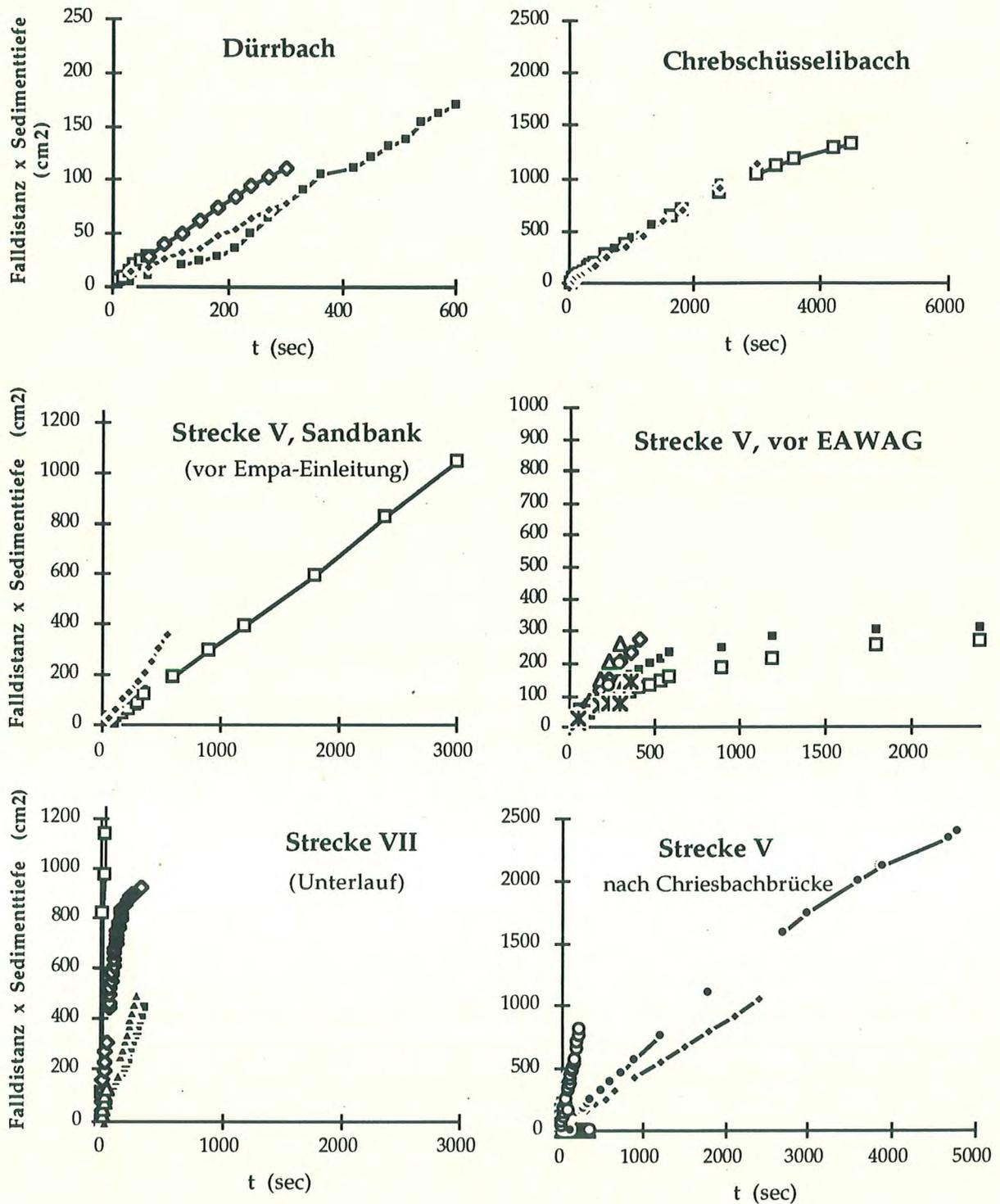
Für die Messungen der **Sickergeschwindigkeit** wurde ein Plexiglasrohr mit geschärfter unterer Kante und Halterun verwendet. Dieses Rohr wird möglichst schonend direkt ins Sediment gestossen, um die Schichtung der Sohle nicht zu verändern. Durch Zugabe von circa 5 Liter Wasser (einer Wassersäule von 50 cm) entsteht ein Überdruck. Der sinkende Wasserstand in der Röhre wird in regelmässigen Abständen (Je nach Durchlässigkeit 5 Sek. - 10 Min.) auf ein Klebeband an der Röhre aufgetragen. Diese Aufzeichnungen können anschliessend genau ausgemessen werden. Zur Ermittlung der erfassten Sedimenttiefe wird vor und nach dem Einstossen des Rohrs der Wasserstand des Chriesbachs aufgetragen. Diese Grösse ist für die weiteren Berechnungen wichtig und sollte deshalb möglichst genau aufgenommen werden.

Zur Beschreibung der Zusammensetzung der Deckschicht wurde an verschiedenen Stellen eine **Linienanalyse** durchgeführt. Gemäss FEHR (1987, zitiert in FRUTIGER, 1992) wird von mindestens 100 Steinen entlang einer gespannten Schnur der mittleren Durchmesser ( $D_B$ ) vermessen. Steine, die kleiner als 1 cm sind, werden nicht erfasst.

Die Ermittlung von **Korngrössenverteilungen** wurde vorgenommen, um die Informationslücke über den feinen und im Chriesbach überwiegenden Sedimentanteil zu füllen. Circa 5 Liter Sediment wurde mit einer Schaufel ausgehoben, getrocknet, gesiebt und gewogen. Ein Netz, das unterhalb der Probestelle aufgestellt war (Maschenweite 250 $\mu$ ) hielt den grössten Teil des abgeschwemmten Feinsubstrates zurück.

#### *Diskussion der Methoden*

Diese Art der Beschreibung von Kolmatierung erfolgt in Anlehnung an SCHÄELCHLI (1993). Ein wesentlicher Unterschied zu den vorgeschlagenen Sickerversuchen ist die Art des Einführens des Rohrs: Während bei den erwähnten Untersuchungen ein Metallrohr mit dem Hammer ins Sediment geschlagen wurde, war es im sandigen Sediment des Chriesbachs möglich, das Rohr leicht ins Sediment zu stechen. Damit wird die Schichtung weniger gestört, welche nach Schälchli Kolmationseffekte wesentlich bestimmt; Randeffekte werden vermindert. Dies bringt andererseits auch eine Einschränkung mit sich: Gemessen wurde nur an feinkörnigen Stellen. Es war mir beispielsweise nicht möglich, in der Strecke I, zu stechen.



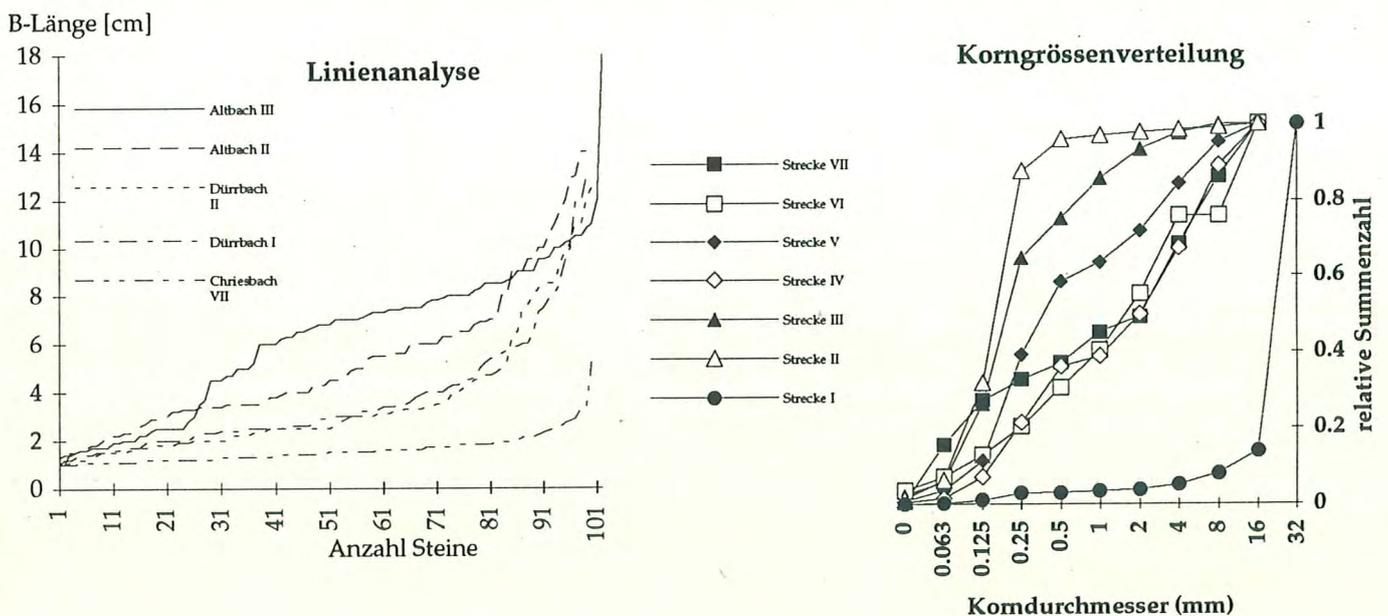
**Abbildung 8: Resultate der Sickergeschwindigkeits untersuchungen**

Die Kurven beschreiben das Absinken des Pegestands im Rohr. Die Sinkdistanz wurde mit der Sedimenttiefe, welche durch das Rohr erfasst wurde gewichtet (multipliziert). Die Darstellung entspricht damit einer Sickergeschwindigkeit pro Sedimenttiefe. Die Übereinstimmung der 3 - 8 Teilresultate der verschiedenen Strecken cheint stark vom Untergrund abzuhängen. Beim Chrebschüsselibacch waren die Werte sehr konstant. Die schlechte Übereinstimmung der Kurven für die Strecke V, (vor der EAWAG) können auf eine grössere lokale Heterogenität weisen.

Beim Chrebschüsselibach waren die Werte sehr konstant. Die schlechte Übereinstimmung der Kurven für die Strecke V, vor der EAWAG können auf eine grössere lokale Heterogenität weisen. Es muss jedoch vermerkt werden, dass die Eindringtiefen ins Sediment an den verschiedenen Stellen sehr unterschiedlich waren - die Randeffekte der Messung sind im Allgemeinen kleiner bei grossen Eindringtiefen, wie sie beim Chrebschüsselibach (11-15 cm) möglich waren.

Die gemessenen Zeitintervalle wurden jeweils der beobachteten Sinkgeschwindigkeit angepasst und sind daher unterschiedlich. Bei der Darstellung der Resultate ist jedoch das Verhältnis der Achsenskalierung gleich. Damit lassen sich die Steigungen vergleichen und als Mass für das Sickerverhalten interpretieren. Durch das grob-sandige Sediment der Strecke VI sickerte das Wasser am schnellsten. Im Dürrbach hingegen, dessen Sohle ausgesprochen verdichtet ist (was die Probenahme erschwerte) ist die Sickergeschwindigkeit pro Sedimenttiefe geringer. Die Strecke V weist eine ähnliche Steigungen wie beim Chrebschüsselibach auf. An der Stelle kurz nach der Chriesbachbrücke konnten auch ähnlich lange Zeitreihen beobachtet werden, womit sie sich auch gut vergleichen lassen. Die Resultate welche grössere Unterschiede im Abschnitt 5 aufweisen, passen zu den Ergebnissen der Morphometrie, welche trotz harter Uferverbauung eine Heterogenität des Profiltiefe zeigen, die beispielsweise grösser ist als im Oberlauf des Chriesbachs.

Die Messungen der Sickergeschwindigkeiten erwies sich als geeignete Methode für das Substrat des Chriesbach. Die Methode könnte zum Beispiel zur Untersuchung der Bedeutung der Makrophyten auf die Sohlenzusammensetzung eingesetzt werden. Für eine systematische Anwendung müsste jedoch die Feldmessung (insbesondere die Eindringtiefe) sowie die Auswertung standardisiert werden. Wie einige die Sickerkurven der Strecke V, (vor EAWAG) zeigen, besteht ein asymptotischen Verlauf der Sinktiefen. Man müsste sich auf einen bestimmten Zeitintervall in diesem Verlauf festlegen oder eine logarithmische Darstellung wählen.

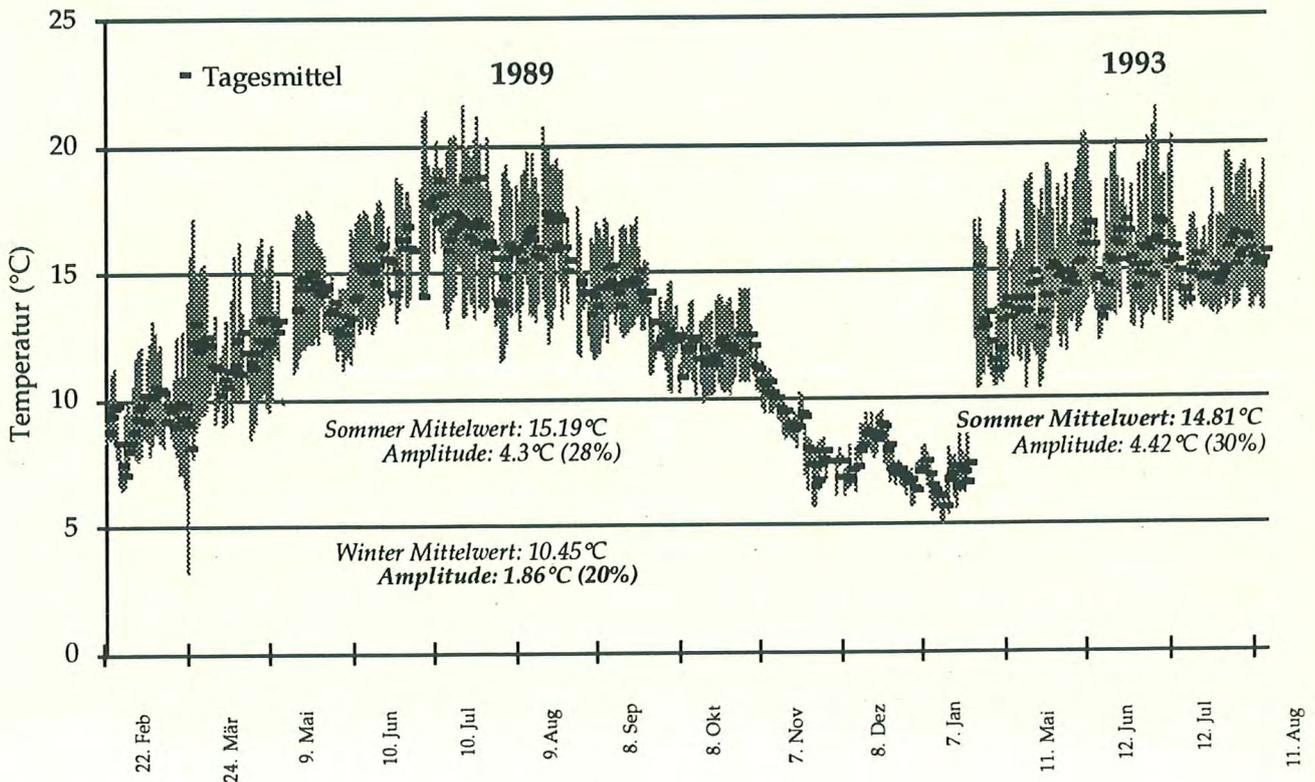


**Abbildung 9: Linienanalysen und Korngrössenverteilungen**

Die Linienanalysen und Korngrössenverteilungen zeigen eine Längenzonierung des Bachs auf: Der Altbach ist durch grosse Steine geprägt während bei der Strecke VII kurz vor der Mündung die kleinen Fraktionen überwiegen. Auch bei der Verteilung der Korngrössen zeigen die tiefer gelegenen Strecken kleinere Fraktionen auf.

### 3.3.4 Temperatur

Ein Jahresverlauf (1989) der Wassertemperaturen im Chriesbach war als Thermographen-Aufzeichnungen vorhanden. Diese Daten wurden durch eine kontinuierliche Aufzeichnung während der Untersuchungsperiode im Sommer 1993 ergänzt.



**Abb. 10:** Temperaturverlauf im Jahr 1989 im Vergleich zur Untersuchungsperiode im Sommer 1993  
Die grauen Linien geben die Tagesamplitude an. Amplituden sind zudem für das Sommer- und Winterhalbjahr relativ zum Tagesmittelwert angegeben.

Die Tagesdifferenzen sind relativ gering; austretendes Grundwasser im Oberlauf dürfte die Temperaturschwankungen des Chriesbachs dämpfen.

Die höheren Tagesschwankungen im Sommer sind einerseits durch die stärkere Einstrahlung zu erklären, welcher sich im langsam fließenden Wasser besonders stark auswirkt. Das Sommerwetter bringt auch mehr Hochwasser, welche eine Abkühlung bewirken. Die leicht höheren Amplituden im Sommer 1993 sind wahrscheinlich auf das ausgesprochen regnerische Wetter zurückzuführen. Ein Vergleich der zwei Jahre ist jedoch nur bedingt zulässig.

Die kritische Temperatur von 20°C für Forellen (PEDROLI, 1991) wird kaum überschritten (an 10 Tagen im Jahr 1989).

### 3.3.5 Beschattung

#### Zielsetzung

Ziel dieser Untersuchungen war den Zusammenhang zwischen der Beschattung des Chriesbachs mit der Verkräutung zu belegen und prioritäre Zonen für die Anpflanzung von Ufergehölzen zu bezeichnen.

Die spärliche Beschattung dürfte eine der folgenreichsten ökologischen Defizite des Chriesbachs sein. Sie ermöglicht einen erhöhten Energieeintrag ins Ökosystem, der sich auf die Temperaturen auswirkt und das Wachstum von Wasserpflanzen fördert. Mangelnde Beschattung gilt als Hauptursache für die Bachverkräutungen, neben der stabilen der Sohle, welche das Ausbreiten der Pflanzen erleichtert und dem Überschuss an Nährstoffen. Am Südufer des Chriesbachs sowie an speziell beschatteten Stellen wie unter Brücken oder bei Baumgruppen sind Makrophyten denn auch deutlich weniger stark ausgebildet. (Siehe Photos im Anhang)

Aufgrund des abgesenkten Bachbettes hängt die Sonneneinstrahlung stark vom Schattenwurf der Böschung ab, d.h. von der geographischen Ausrichtung des Bachlaufs. Strecken, deren Verlauf Ostwest gerichtet ist, werden bis zu 3 Stunden noch von der eigenen Böschung beschattet.

#### Methode

An typischen Stellen im Bach wurde der lokale Horizont und die Überdeckung durch Ufergehölz mit einem Fischaugenobjektiv fotografiert. Die Aufnahme erfolgte jeweils aus der Bachmitte mit einem Stativ, das mit Kompass und Wasserwaage ausgestattet war.

Zur Bestimmung der Beschattung wurden die monatlichen Sonnenstände in der Ansicht des Fischaugenobjektivs berechnet. Damit können Flächen in den Aufnahmen bezeichnet werden, in denen eine Beschattung zu einer bestimmten Zeit wirksam ist. Jede Teilfläche entspricht einer Stunde in einem Monat. Die Aufnahmen wurden die im Anhang 4 ersichtliche Skizze der Sonnenverläufen projiziert. Für jede Teilfläche wurde die Beschattung in einer Skala von 1 - 10 abgeschätzt und mit der entsprechenden Intensität der Einstrahlung gewichtet.

#### Formeln zur Berechnung der Sonnenprojektion auf die Horizontebene

##### Sonnenstand:

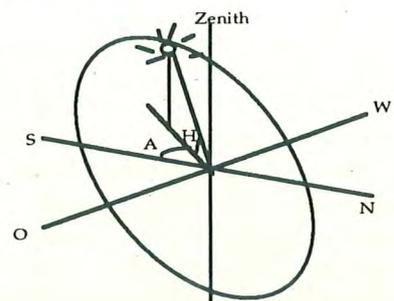
$$\text{Höhe über Horizont} \quad H = \arcsin(\sin \varphi \cdot \sin \alpha + \cos \varphi \cdot \cos \alpha \cdot \cos \tau)$$

$$\text{Azimut, "Bodenwinkel"} \quad A = \arctan\left(\frac{\cos \alpha \cdot \sin \tau}{\cos \alpha \cdot \sin \varphi \cdot \cos \tau + \cos \varphi \cdot \sin \alpha}\right)$$

$$\varphi = \text{geographische Breite} \quad [47.7^\circ]$$

$$\alpha = \text{Deklination} \quad [21 \text{ Juni: } 23^\circ 21' / \text{Dez.: } -23^\circ 26' / 21. \text{ März, } 23. \text{ Sept.: } 0^\circ]$$

$$\tau = \text{Tageszeit in Winkelmaß} \quad [0 - 2\pi]$$



#### Fischaugenprojektion auf Horizontebene (sh. auch Darstellung in Anhang 4)

$$\text{Nordsüd-Achse:} \quad x = \sin A \cdot (\pi/2 - h) \cdot 180^\circ$$

$$\text{Ostwert-Achse:} \quad y = \cos A \cdot (\pi/2 - h) \cdot 180^\circ$$

**Formel zur Berechnung der Strahlungsintensität**

$$I = I_0 \cdot \sin \vartheta H$$

$I_0$  = Solarkonstante

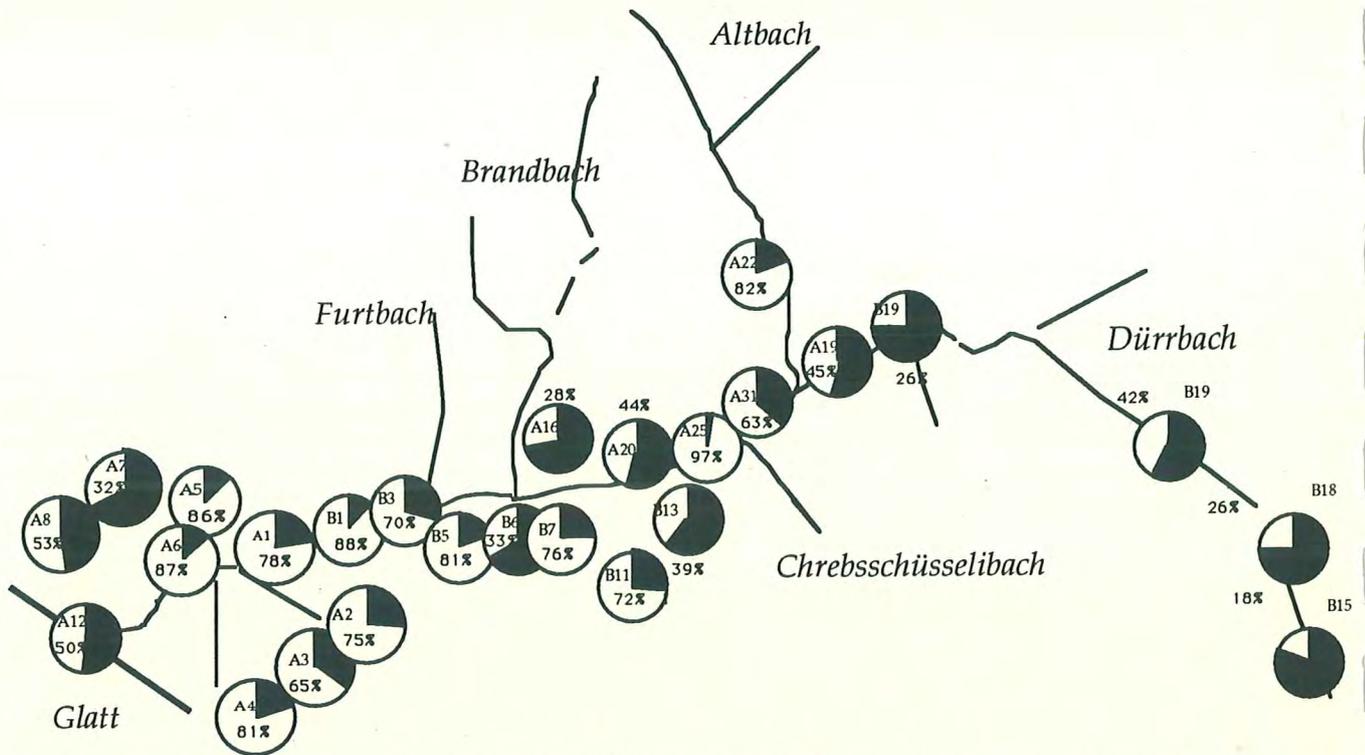
$\vartheta H$  = momentane Höhe über Horizont

**Skala zur Abschätzung der Beschattung von Teilflächen in Fischaugen Aufnahmen**

- 0 offener Himmel
- 1 - 7 Teilbeschattung mit offenen Flächen
- 8 Beschattung durch Laub mit erkennbaren Lücken
- 9 dichte Laubüberdeckung, ( z.B. Laubbaum)
- 10 volle Beschattung durch Böschung, Hauswand etc

**Ergebnisse**

Folgende Skizze zeigt die Beschattung, welche aufgrund der Fischaugenaufnahme an an verschiedenen Standorten berechnet wurde. Der Oberlauf des Dürrbachs ist am stärksten beschattet. Weitere gut beschattete Abschnitte liegen im mittleren Bereich und bei der Mündung in die Glatt vor. Die stark variierende Situation im Oberlauf des Chriesbachs ist auf den Unterschied der Bestockung zurückzuführen. Am nördlichen Ufer ist ihre Auswirkung geringer (B7, B11) als auf der Südseite (B19, B13, A20). Der Ostwest-Verlauf des Chriesbachs macht eine Bestockung des südlichen Ufers besonders wirkungsvoll, dies etwa im Gegensatz zur Glatt, welche von Süden nach Norden fließt. (Siehe auch Beispiele der Aufnahmen im Anhang 5). Der Vergleich mit den Kartierungen der Makrophyten (HOCEVAR, 1993) bestätigt den Zusammenhang zwischen Beschattung und Pflanzenwachstum. So sind beispielsweise die stark beschatteten Stellen A7 und A8 sehr gering mit Makrophyten besiedelt.



**Abbildung 10:** Jahreseinstrahlung der Bachabschnitte aufgrund von Fischaugenaufnahmen  
 Angegeben ist der relative Anteil der Jahreseinstrahlung unter Berücksichtigung der variierenden Beschattung aufgrund des Jahresverlaufs und die Tagesschwankungen der Einstrahlung.

### 3.4 Chemische Untersuchungen

#### 3.4.1 Zielsetzung

Aus allen Bachabschnitten wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Wasserproben chemisch analysiert. Die Hauptziele dieser Probenahmen waren:

- Eine allgemeine Beurteilung der chemischen Belastung durch gelösten organischen Kohlenstoff (DOC), anorganische Nährstoffe sowie partikuläre Komponenten.
- Der Versuch einer Rückführung auf die wichtigen Belastungsquellen (Zuflüsse, diffuse Einträge durch Landwirtschaft, Siedlungsabwasser etc.)
- Eine Abschätzung des Beitrags zur Selbstreinigung durch die Makrophyten

#### 3.4.2 Probenahme

Es wurden je zwei umfassende Chemieprobenahmen vor und nach dem Schneiden der Makrophyten bei mittlerem Pegelstand durchgeführt. Damit Schwankungen einzelner Chemiewerte besser erfasst werden konnten, wurden parallel dazu sechs reduzierte Probenahmen durchgeführt.

Die Probenahmen erfolgten in jedem Abschnitt des Chriesbachs sowie in den grösseren Zuflüssen. In den Abschnitten 1 und 2 des Chriesbachs wurden zwei Proben genommen. Damit wurde versucht, das aussergewöhnlich üppige Wachstum des *Ranunculus fluitans* nach dem Zufluss des Chrebschüsselibachs mit Hilfe der chemischen Parameter zu erklären.

#### Probstellen der chemischen Analysen (Siehe auch Übersichtskarte)

Chriesbach :	Abschnitt I	-kurz nach der Vereinigung des Dürrbachs und des Altbachs
	Abschnitt II	-nach dem ersten Zufluss des Chrebschüsselibachs
	Abschnitt III*	-nach dem zweiten Zufluss des Chrebschüsselibachs
	Abschnitt IV	-gegen Ende des Abschnittes
	Abschnitt V*	-gegen Ende des Abschnittes
	Abschnitt VI	-unter der Chriesbachstrasse-Brücke
	Abschnitt VII*	-unter der Eisenbahnbrücke
Zuflüsse:	Dürrbach	-kurz vor der Vereinigung mit dem Altbach
	Dürrbach	-Oberlauf (nur Momentaufnahme)
	Altbach I	-bei der Kreuzung in Bassersdorf
	Altbach II	-vor den Tümpeln
	Altbach III	-kurz vor der Vereinigung mit dem Dürrbach
	Strassenentwässerung N1 (Zulauf Altbach; nur Momentaufnahme)	
	Chrebschüsselibach 1	-vor dem 1. Zufluss in den Chriesbach.
	Chrebschüsselibach 2	-2. Zufluss in den Chriesbach
	Furtbach	-Kurz vor dem Zufluss
Brandbach	-Kurz vor dem Zufluss	

\*) Mit einem Stern gekennzeichnete Stellen wurden auch in den reduzierten Probenahmen analysiert.

### 3.4.3 Mess- und Analysemethoden

Die Wasserproben wurden jeweils vormittags in Abfolge der Fließrichtung genommen. Das Wasser wurde aus der Mitte des Bachs entnommen und in 1-Liter Glasflaschen abgefüllt. Die Analysen wurden durch das Chemielabor der EAWAG, Abt. Limnologie, durchgeführt.

**Tabelle 3. Freilandmessungen**

Wassertemperatur	Quecksilberthermometer mit 2/10 °C Einteilung
Sauerstoff	Das Wasser wurde in 250 ml Glasflaschen unter Vermeidung von Luft-einschluss abgefüllt und mit den Reagenzien nach Winkler (1888) fixiert.
pH Wert	tragbares pH-Meter mit Glaselektrode (Orion Research)
El. Leitfähigkeit	tragbares Leitfähigkeitsmessgerät (Digitmeter L21, Hoelzle & Chelius AG)

**Tabelle 4: Analysemethoden**

Chemische Parameter	Abkürzung	Methode
<b>Stickstoff</b>		
Ammonium	(NH <sub>4</sub> -N)	Kolorimetrie (Berthelot-Reaktion, DEV 1983)
Nitrit	(NO <sub>2</sub> -)	Kolorimetrie (Griess-Reaktion, DEV 1983)
Nitrit und Nitrat	(NO <sub>x</sub> -N)	Kolorimetrie nach Reduktion zu Nitrit (Griess-Reaktion)
Gelöster Stickstoff	(DN)	"
Partikulärer Stickstoff	(PN)	"
<b>Phosphat</b>		
Ortho-Phosphat	(PO <sub>4</sub> -P)	Photometrische Bestimmung nach VÖGLER, (1965) nach Aufschluss mit Peroxidsulfat im Autoklaven
Gelöster Phosphat	(DP)	"
Partikulärer Phosphat	(PP)	"
<b>Kohlenstoff</b>		
Gelöster org. Kohlenstoff	(DOC)	Infrarot (IR)-Spektroskopie nach UV-Aufschluss
Partikulärer org. Kohlenstoff	(POC)	Infrarot (IR)-Spektroskopie nach Verbrennung in Sauerstoffatmosphäre
Total anorg. Kohlenstoff	(TIC)	Infrarot (IR)-Spektroskopie
<b>Sauerstoff</b>	(O <sub>2</sub> )	Jodometrie nach Winkler (1888) (modifiziert nach Carpenter, 1965)

### 3.4.4 Resultate und Diskussion

Auf den folgenden Seiten sind die Analyseresultate gruppiert graphisch dargestellt. Nach einer Diskussion der einzelnen Stoffgruppen folgt eine zusammenfassende Gesamtbeurteilung. Für die **Einschätzung der chemischen Belastung** stützen wir uns auf Richtwerte aus dem Gewässerschutzgesetz und eine Studie des Bundesamts für Umweltschutz (BUS, 1983).

**Tabelle 5: Klassierung ausgewählter Parameter durch das Bundesamt für Umweltschutz**

Parameter	unbelastet	schwach belastet	deutlich belastet	stark belastet
Orthophosphat(mg/l)	<0.03	0.03 - 0.1	0.1 - 0.3	> 0.3
Ammonium (mg/l)	< 0.04	0.04 - 0.15	0.15 - 0.4	> 0.4
DOC (mg/l)	<1.3	1.3 - 2.0	2.0 - 3.5	> 3.5

**Tabelle 6: Richtlinien für die Wasserqualität aus der Verordnung über die Abwassereinleitung (1975)**

	Qualitätsziel für Fließgewässer	Anforderung an die Einleitung in ein Gewässer
Ammoniak/ Ammonium	0.5 mg N/l (Summe von NH <sub>3</sub> und NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Kantonale Richtlinien
Nitrate	25 mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	möglichst tief
Nitrit	Keine Toxizität	1 mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /l
Phosphor	möglichst niedrige Werte	0,8 mg P/l
DOC	2 mg C/l*	10 mg C/l*
Sauerstoff	nicht unter 6 mg O <sub>2</sub> /l	nicht unter 6 mg O <sub>2</sub> /l
TOC		höchstens 7 mg/l über dem zulässigen DOC Wert

Die Qualitätsziele gelten für eine Wasserführung, die während 347 Tagen des Jahre vorhanden ist oder überschritten wird. Das Überschreiten von Grenzwerten für die Einleitung in ein Gewässer erfordert, nach Gewässerschutzgesetz, die "Einleitung geeigneter Massnahmen".

\* für 45µm Membranfilter

Im Hinblick auf die **Selbstreinigung** wurde besonders auf den Verlauf der Konzentration in Fließrichtung und die Unterschiede vor und nach dem Mähen geachtet. Der Mähertermin lag zwischen der zweiten und dritten Probenahme. Bei der vierten Probenahme waren die Makrophyten jedoch schon wieder auf ein mittleres Niveau nachgewachsen.

Für die Interpretation der **Herkunft der Stofffrachten** sind folgende Punkte zum Einzugsgebiet des Chriesbachs zu beachten. Die Zuflüsse werden in der Reihenfolge ihrer Abflussmengen besprochen:

Der grösste Zufluss, der **Altbach**, fliesst mitten durch stark bebautes Siedlungsgebiet; einige seiner Zuflüsse entstammen aus Industriearealen. Auch die Entwässerung der Autobahn N1 erfolgt in diesem Abschnitt über den Altbach. Wie unsere Untersuchungen bestätigen, wird die Zusammensetzung des Wassers vor allem durch die Abwasserreinigungsanlage Eich geprägt.

Der zweitgrösste Zufluss, der **Dürnbach**, dürfte in erster Linie von der Landwirtschaft geprägt sein, da er zwischen drainierten Feldern fliesst. Zudem gelangt ein Teil der Entwässerung des Flughafenareals in den Dürnbach. Von den kleineren Zuflüssen fliesst der **Furtbach** durch Industriegebiet aber auch entlang von landwirtschaftlich genutzten Zonen. Der **Brandbach** entspringt aus einem Waldstück und verläuft auch entlang eines Ackerfeldes, bevor er in den Chriesbach mündet. Der **Chrebschüsselibach** dient wie der Dürnbachs der Entwässerung des Militärflughafens und ist zum grössten Teil eingedolt.

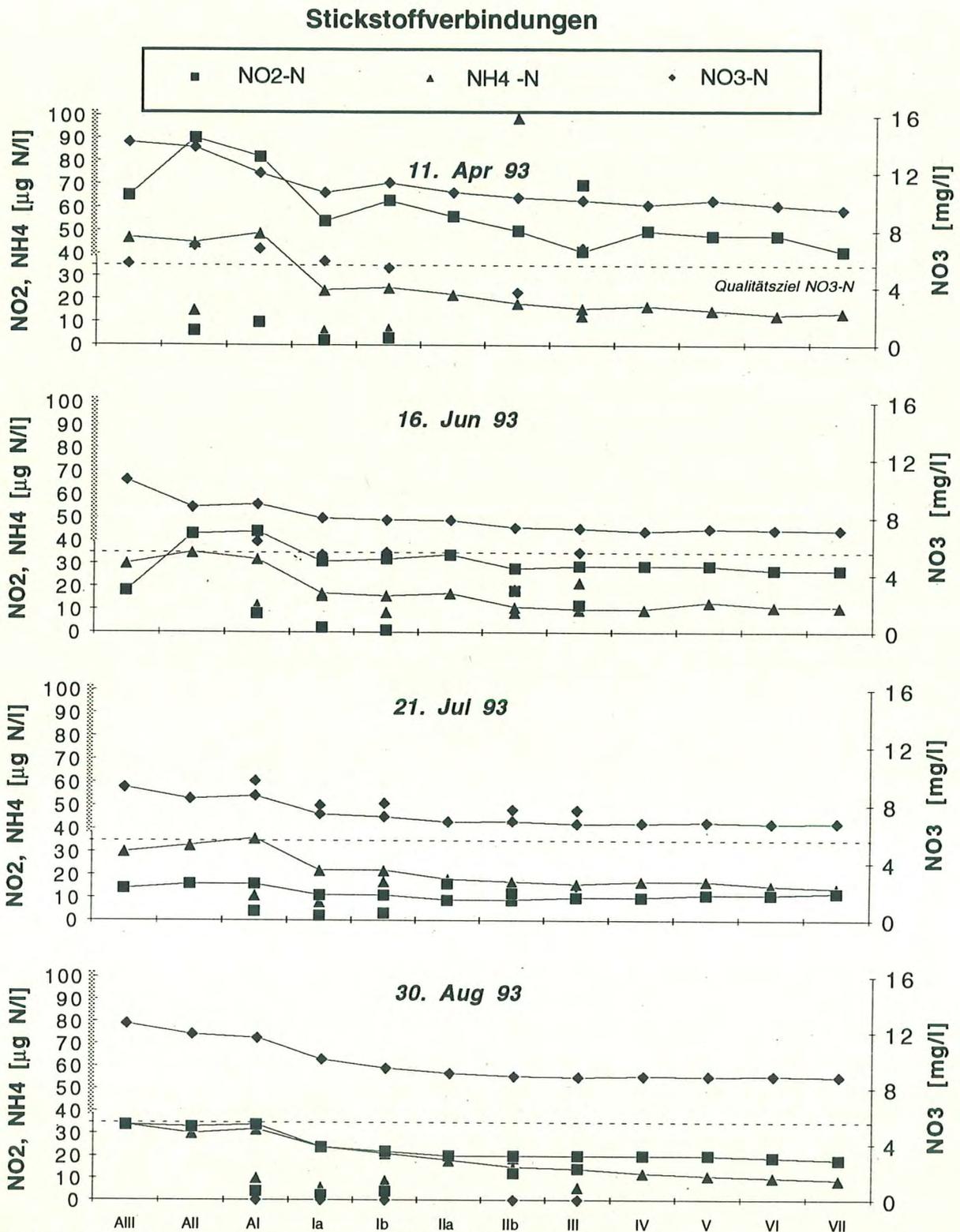
Der **Chriesbach** selbst entwässert im Oberlauf vor allem Landwirtschaftsgebiet, im Unterlauf fliesst er durch stark verbautes Siedlungsgebiet. Vor der Mündung in die Glatt ist die weitere Umgebung des Bachs durch ein dichtes Verkehrsnetz geprägt: Zwei Eisenbahnlinien und verschiedene Hauptstrassen kommen hier auf engem Raum zusammen.

### *Stickstoffverbindungen*

Die **Nitrat**belastung des Chries- und Altbachs ist gross; die Werte überschreiten das Qualitätsziel für Fließgewässer teilweise um das Doppelte. Bei der dritten Messung, die nach anhaltenden Regenfällen durchgeführt wurde, wiesen alle Zuflüsse erhöhte Nitratwerte auf. Die **Nitrit**werte liegen bei allen Messungen unterhalb des Grenzwertes von 0.1 mg N/l. Die Situation für **Ammonium** ist nach den BUS-Klassierung mit Ausnahme des Altbachs nicht kritisch. Bei relativ hohen pH Werten ist es möglich, dass Ammoniak entsteht; ein Fischgift, das bereits in kleinen Konzentrationen toxisch wirkt. Bei einem pH Wert im Bereich von 8.3, liegt 10% als Ammoniak vor. Auffällig in diesem Zusammenhang ist der hohe Ammoniumwert, der bei einem mittleren Hochwasser (2. Juni 1993, Werte im Anhang) gemessen wurde. Er liegt um das 20fache höher als andere Werte und fällt in die Klassierung des BUS "stark belastet". Dies entspricht einer Belastung durch Ammoniak von ca. 45 µg N/l was zum Beispiel für Forellenbrut bereits toxisch ist (LC<sub>50</sub>: 46 µg N/l). Der schweizerische Grenzwert 0.1 mg/l ist relativ hoch angesetzt im Vergleich zu ausländischen Werten (EG, USA: 0.02 mg/l, nach PETER, 1990).

Die **Selbstreinigung** des Bachs kommt bei Nitrat und Nitrit am deutlichsten zum Ausdruck. Dieser Parameter zeichnet sich durch einen auffällig konstanten Verlauf bei allen Messterminen aus. Die stärkste Konzentrationsabnahme erfolgt (wie bei den anderen Parametern) in der Strecke zwischen dem Ober- und Unterlauf des Altbachs (AIII–AII). Der Vergleich der Stickstoffkurven vor und nach dem Mähen zeigt jedoch kaum Unterschiede. Dies deutet darauf hin, dass die Reinigungswirkung nur zu einem geringen Teil von der stehenden Masse der Makrophyten abhängig ist.

Der Haupteintrag an Stickstoff erfolgt durch den Altbach und den Chriesbach. Die tieferen Werte an der Stelle Ib weisen auf eine Verdünnung durch das Wasser des Chrebschüsselibachs. Beim Furtbach liegen die Konzentrationen von Nitrat und Nitrit jeweils höher als beim Brandbach. Das Qualitätsziel für Nitrat ist beim Furtbach in allen Messungen überschritten, am 11. 5 weist er einen bemerkenswert hohen Nitritwert von 70 µg N/l auf.



**Abbildung.11: Verlauf der Analysewerte für Stickstoffverbindungen**

Ausgezogene Linien entsprechen dem Verlauf des Hauptflusses vom Altbach (AIII) bis an die Mündung des Chriesbachs in die Glatt (Abschnitt VII). Die Ergebnisse der Zuflüsse sind als Punkte dargestellt, beim jeweiligen Abschnitt des Chriesbachs in den sie münden. Von links nach rechts:

Dürrbach (mündet nach Abschnitt AI), Chrebschüsselibach 1 (AI) und 2 (bei 1b), Brandbach (IIb), Furtbach (III)

Die gebrochene Linie entspricht dem Qualitätsziel für Nitrat. Auf der Grössenachse ist die Klassierung des Bundesamts für Umweltschutz für Ammonium angegeben :

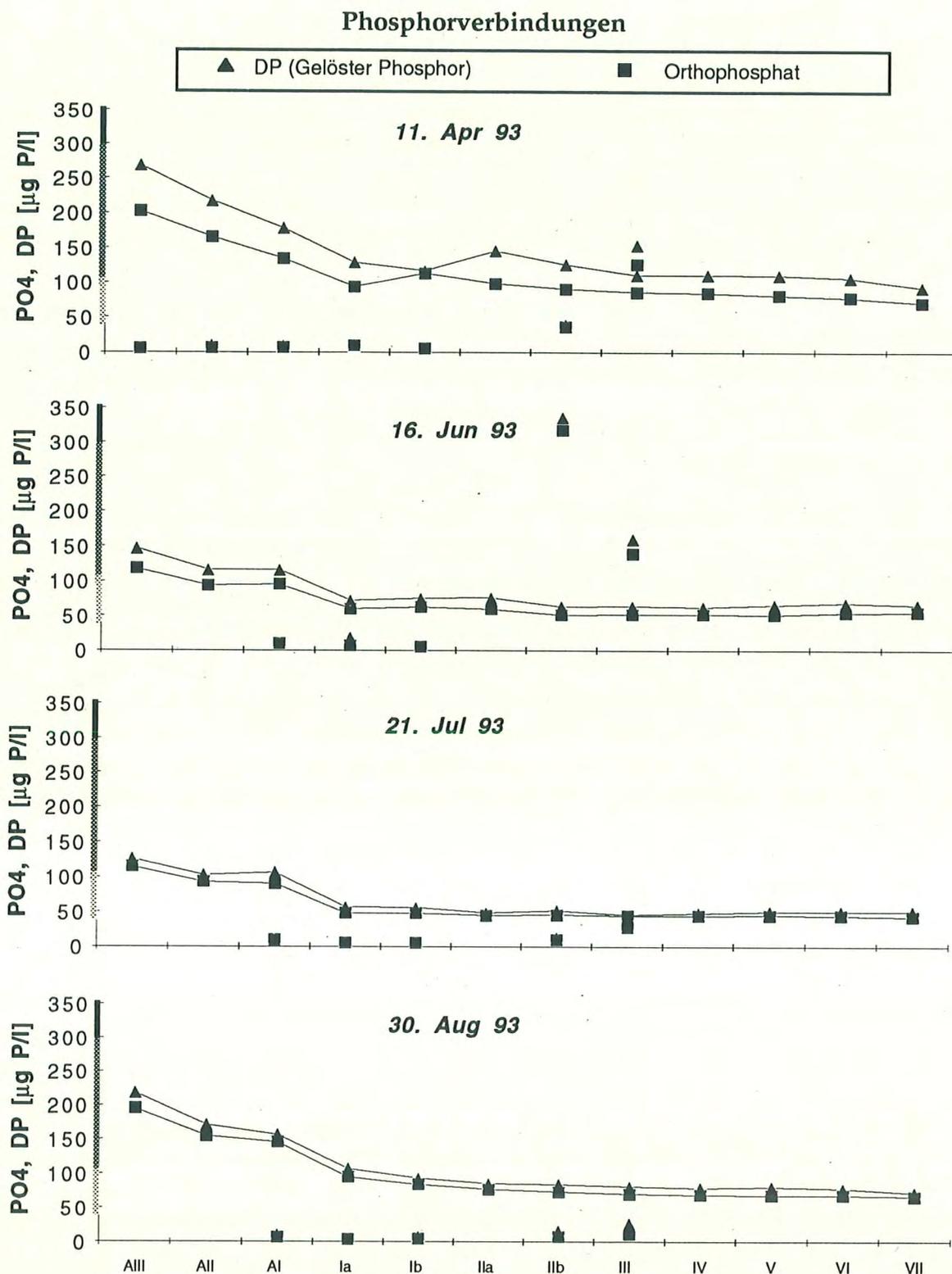
schwarz:	stark belastet
dunkelgrau:	deutlich belastet
hellgrau:	schwach belastet

### *Phosphor*

Gemäss der verwendeten Einteilung (BUS, 1983) ist der Altbach deutlich und der Chriesbach schwach mit Orthophosphat belastet. Das Phosphor liegt zum grössten Teil als freies, für Pflanzen verfügbares Orthophosphat vor. Wie bei den Nitratwerten liegen die Phosphatwerte bei der ersten Messung höher als zu den späteren Zeitpunkten. Dies ist möglicherweise mit der vermehrten Düngung im Frühjahr zu erklären.

Die Abnahme der Phosphatkonzentration im Verlauf des Alt- und Chriesbachs ist deutlich zu erkennen. Stark ausgeprägt ist sie wiederum auf der Strecke AII bis AIII am 11. Mai: An diesem Tag nimmt die Phosphatkonzentration von ca. 200mg P/l auf durchschnittlich 80 mg/l im Chriesbach ab. Es zeigen sich jedoch wie beim Stickstoff keine deutlichen Unterschiede vor und nach dem Mähen der Makrophyten.

Die Phosphatwerte der Zuflüsse Brandbach, Furtbach und Chrebschüsselibach liegen im allgemeinen tiefer als die Werte im Chriesbach. Eine Ausnahme ist die Messung vom 16. Juni: Hier liegen die Phosphorwerte für den Brandbach und Furtbach ausgesprochen hoch. Dieser Ausreisser und die allgemein starken Schwankungen verschiedener Parameter deuten auf punktuelle Belastungen dieser beiden Zuflüsse aus der Landwirtschaft oder anliegenden Betrieben. Der Brandbach fliesst beispielsweise kurz vor der Mündung in den Chriesbach entlang eines Maisfeldes.



**Abbildung 12: Analysewerte für Phosphor-Verbindungen**

Ausgezogene Linien entsprechen dem Verlauf des Hauptflusses vom Altbach (AIII) bis an die Mündung des Chriesbachs in die Glatt (Abschnitt VII). Die Ergebnisse der Zuflüsse sind als Punkte beim jeweiligen Abschnitt des Chriesbachs in den sie münden, dargestellt. Reihenfolge von links nach rechts:

Dürrbach (mündet nach Abschnitt AI), Chrebschüsselibach 1 (Ia) Chrebsch.2 (bei Ib), Brandbach (IIb), Furtbach (III)

Auf der Grössenachse ist die Klassierung des Bundesamts für Umweltschutz für Ortho-Phosphat angegeben:

- schwarz:
stark belastet
- dunkelgrau:
deutlich belastet
- hellgrau:
schwach belastet

### *Partikuläre Komponenten*

Für die partikulären Komponenten ist wie im Fall des Phosphats ein allgemein hohes Niveau bei der ersten Messung erkennbar. Dies kann wie bei den Nitratwerten auf den Düngereintrag im Frühjahr zurückgeführt werden. Die ebenfalls hohen Werte bei der dritten Messung erachten wir als Folge des Schneidens der Makrophyten. Die Grundbelastung aus der Kläranlage ist zu diesem Zeitpunkt relativ niedrig und nimmt auf der ebenfalls gemähten und sonst typischen Reinigungsstrecke AIII/AII nur wenig ab. Wir nehmen daher an, dass das erhöhte Niveau im Chriesbach auf das Fehlen Makrophyten zurückzuführen ist, welche sonst als Partikelfalle wirken.

An der Stelle AI ist zu allen Zeitpunkten ein erhöhter Wert bei den Parametern PN und PP zu erkennen. Wir interpretieren ihn als Eintrag an partikulären Stoffen durch das biologisch aktive Stillwasserbiotop, in dem viel Detritus zu feinem organische und anorganische Material abgebaut wird ("leaching").

### *Kohlenstoffverbindungen*

Die organische Belastung ist durchgehend deutlich bis stark. Das Qualitätsziel für den gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) wird nur bei den ersten beiden Messungen im Dürrbach unterschritten. Selbst der Chrebschüsselibach, der sonst tiefe Werte aufweist, hat hohe DOC Konzentrationen. Die Werte für den gesamten anorganischen Kohlenstoff (TIC) liegen beim Chriesbach konstant bei ca. 75 mg/l. Die abweichenden Werte der Zuflüsse weisen auf unterschiedliche geologische Herkunft. (Siehe Kapitel 2)

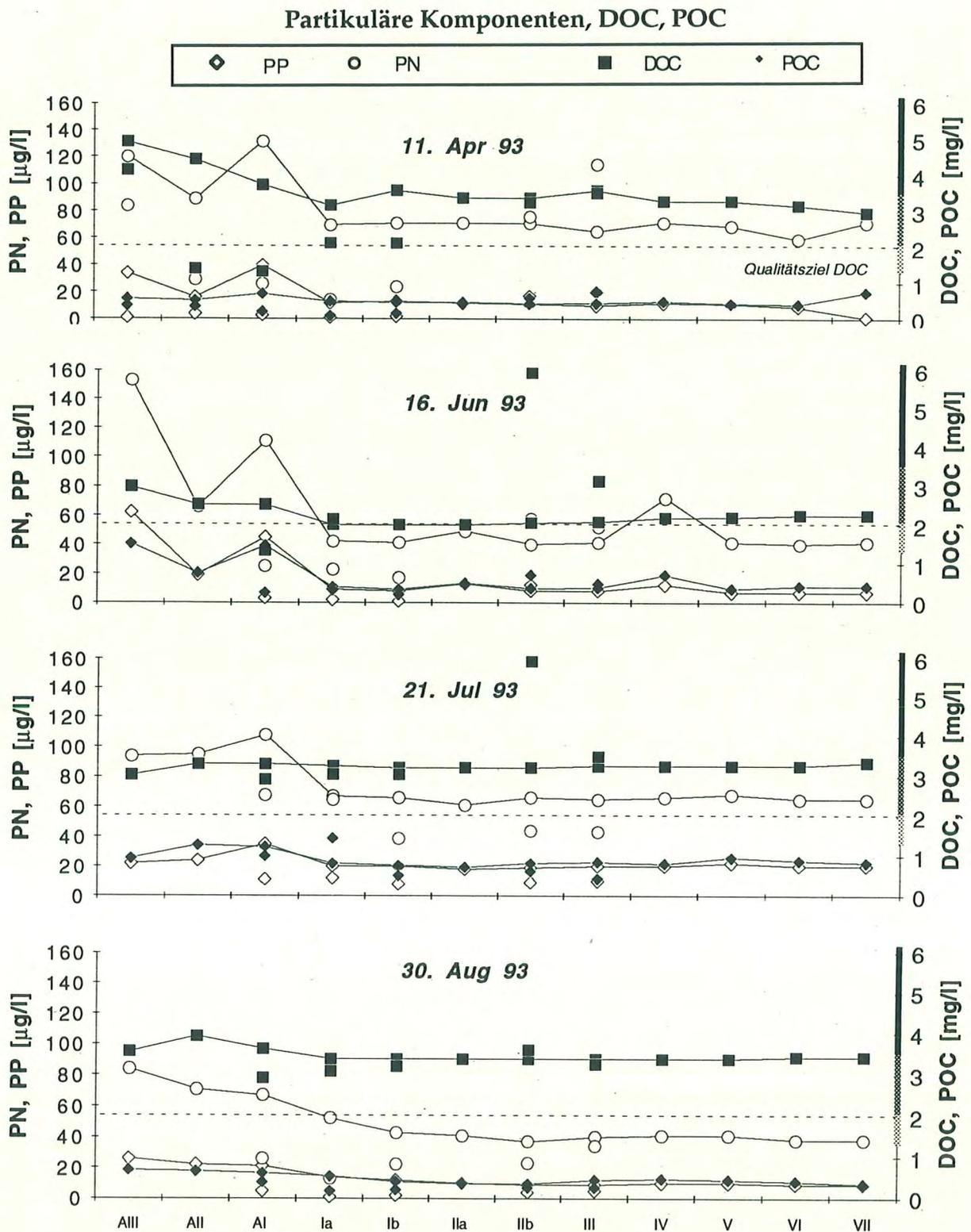
Eine Abnahme der Konzentrationen mit der Fließrichtung ist nur schwach beim Altbach erkennbar. Besondere Aufmerksamkeit verdient der Brandbach, der sowohl am 16.6. als auch am 21.7. eine organische Belastung von 6 mg DOC/l mit sich bringt. Damit wird das Qualitätsziel für Fließgewässer gemäss *Verordnung über Abwassereinleitungen* um das Dreifache überschritten.

### *Gesamtbeurteilung*

Der Chriesbach ist für schweizerische Verhältnisse als deutlich bis stark belastet einzustufen. Die hohe Belastung des Chriesbachs rührt vom Altbach, dem Vorfluter der ARA Eich her.

Die Zuflüsse haben wegen der geringen Abflussmengen und des hohen Grundeintrags durch die ARA Eich wenig Einfluss auf den Chemismus des Chriesbachs. Der Dürrbach ist im allgemeinen weniger belastet und hat eine verdünnende Wirkung. Die hohen Nitratwerte weisen jedoch auf eine starke Beeinträchtigung durch die Landwirtschaft hin. Der Chrebschüsselibach zeigt wie der Dürrbach eine relativ geringe Verschmutzung auf. Der Furtbach und Brandbach sind aber für sich betrachtet kritisch belastet und bedürfen weiteren Untersuchung.

Mit Ausnahme des DOC erfüllen Chriesbach und Altbach unter der Annahme, dass das Wasser nicht stark mit Grundwasser verdünnt wird, eine bedeutende Reinigungsleistung. Die Abnahme der Parameter von der obersten Messstelle bis zur Glattmündung beträgt bis zu 60% ( $\text{PO}_4^-$ ). Der Makrophytenbewuchs scheint hierbei jedoch keine einschneidende Wirkung zu zeigen. Betrachtet man die stark mit *Ranunculus fluitans* bewachsene Strecke AIII /AII so ist die Abnahme der chemischen Parameter vor und nach dem Schneiden etwa gleich. Nur bei den partikulären Komponenten ist eine markante Abnahme der Reinigungsleistung des Altbachs nach dem Schneiden erkennbar.



**Abb. 13: Analysewerte für partikulären Stickstoff und Phosphor, gelösten und partik. Kohlenstoff**  
 Ausgezogene Linien entsprechen dem Verlauf des Hauptflusses vom Altbach (AIII) bis an die Mündung des Chriesbachs in die Glatt (Abschnitt VII). Die Ergebnisse der Zuflüsse sind als Punkte beim jeweiligen Abschnitt des Chriesbachs in den sie münden, dargestellt. Reihenfolge von links nach rechts:

Dürrbach (mündet nach Abschnitt AI), Chrebschüsselibach 1 (Ia) Chrebsch.2 (bei Ib), Brandbach (IIb), Furtbach (III)

Auf der Grössenachse ist die Klassierung des Bundesamts für Umweltschutz für DOC angegeben:

schwarz:	stark belastet
dunkelgrau:	deutlich belastet
hellgrau:	schwach belastet

### 3.5 Biologische Untersuchungen

#### *Zielsetzung*

Die biologischen Untersuchungen wurden zum grössten Teil in einer parallel laufenden Diplomarbeit von HOCEVAR (1993) festgehalten. Dabei standen die Bedeutung der Makrophyten als Habitat für Makroinvertebraten im Vordergrund. Für die vorliegende Arbeit sollten die biologischen Untersuchungen weitere Hinweise auf den Gewässerzustand und das Renaturierungspotential geben. Biologische Erhebungen geben ein konstanteres Bild über den Gewässerzustand als zeitlich stark variierende chemische Parameter, gerade wenn der Chemismus stark anthropogen beeinflusst wird (ARA Eich). Die Biozönose ist auch Ausdruck von weiteren Habitatsparametern der Gewässergüte, die über die Wassergüte hinausgehen. (FRUTIGER, 1992)

Einige **Vegetationsaufnahmen** sollen einen Überblick über die Uferzonierung und die Nährstoffbelastung des Bodens vermitteln. Ein besonderes Augenmerk galt den Baumarten in der Krautschicht - sie geben als "natürliches" Vegetationsaufkommen Hinweise für die Artenwahl bei allfällige Neubepflanzungen.

**Makroinvertebraten** im Chriesbach geben als Bewohner des Benthos vor allem Auskunft über die Sohlenbeschaffenheit, die Strömungsverhältnisse und die Wasserqualität. Sie werden als mittelfristige Indikatoren für den Gewässerzustand verwendet. Zu diesem Zweck wurden die Daten von HOCEVAR (1993) über den Chriesbach durch 6 Probenahmen der Zuflüsse ergänzt.

**Fische** sind in mancher Hinsicht gute Indikatoren für die Gewässergüte. Sie haben morphologische Habitatsansprüche, welche über den Lebensraum einer Makroinvertebratengesellschaft hinausgehen. Aufgrund von grossräumigeren Wanderungen sind sie beispielsweise besonders auf die Verbundenheit der Gewässerstrecken angewiesen.

Neben der allgemeinen Charakterisierung der Fischfauna lieferten zwei Abfischungen - eine vor und eine nach dem Schneiden der Makrophyten - Informationen über die Bedeutung der Wasserpflanzen als Fischhabitat. Ein Markierungsversuch sollte Hinweise über das Wanderverhalten der Fische im Chriesbach geben.

#### 3.5.1 Ufervegetation

##### *Methode*

Die Vegetationsaufnahmen wurden in abgeänderter Form nach der Transektmethode von WILLMANS, (1984) durchgeführt.

Der untersuchte Uferbereich ist klar durch die beidseitigen Wege abgegrenzt. Es wurden homogene Fläche ausgewählt, die in zwei Meter breite Teilstreifen quer zur Fließrichtung eingeteilt wurden. Diese Teilstreifen werden quer zum Fluss in Zonen unterteilt:

A: eigentliche Kontaktzone zum Wasser, die das ganze Jahr über feucht bis nass ist (Spritzwasserzone).

B: teilweise überfluteter Böschung

Die Grösse der Probefläche richtet sich nach der Heterogenität des Gebietes. Vielfältige Vegetationen erfordern grössere Aufnahmeflächen als homogene. Das Minimalareal soll ca. 90% der Arten einer bestimmten Fläche enthalten. Als Anhaltspunkt wird für Wiesen eine Fläche von 25m<sup>2</sup> angenommen (ELLENBERG, 1978). Bei den Vegetationsaufnahmen am Chriesbach wurde versucht, die Heterogenität durch eine variierende Anzahl der Teilstreifen zu berücksichtigen: Es wurden so viele Vegetationsstreifen aufgenommen, bis nicht mehr als 10%

neue Arten zu den bisher erfassten hinzukamen. Dies war jeweils bereits nach 3 Teilstreifen der Fall. Die Aufnahmeflächen lagen somit zwischen 40 und 60m<sup>2</sup> (3 x 2m Breite x 4-9m Länge) und sind somit grösser als die empfohlenen Mindestflächen, was mit einem Gradienten zum Bach zu erklären ist. Auch innerhalb der ausgeschiedenen Zonen besteht ein Übergang bezüglich Feuchtigkeit, Nährstoffzufuhr, mechanischer Belastung durch Hochwasser und Einstrahlung (Böschungswinkel).

Für die Abschätzung der Deckungsgrade wurde jeweils die gesamte Fläche angeschaut. Die Einstufung richtet sich nach BRAUN-BLANQUET (1974):

- 5 mehr als 3/4 der Fläche deckend
- 4 1/2 bis 3/4 der Fläche deckend
- 3 1/4 bis 1/2 der Fläche deckend
- 2 1/20 bis 1/4 deckend oder sehr zahlreiche Individuen, aber weniger als 1/20 deckend
- + spärlich und nur wenig Fläche deckend
- r sehr selten, meist nur ein Exemplar

### Resultate und Diskussion

Für die verschiedenen Vegetationsaufnahmen wurde das gewichtete Mittel der Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) berechnet. Sie weisen auf einen **nährstoffreichen Boden**. Nährstoffzahl und Feuchtezahl stehen, wie zu erwarten ist, in einem engen Zusammenhang, da fließendes Grundwasser kontinuierlich Nährstoffe nachliefert. Die Vegetationsaufnahmen direkt am Ufer (A) wiesen Zeigerpflanzen für fließendes Bodenwassers auf. Zeiger für Wechselfeuchtigkeit waren bis in die höheren Uferbereiche (B) vorhanden. Aus den Aufnahmen der Strecke VII A und B sowie der rechten Uferseite des Dürrbachs ist eine Abnahme der Nährstoff- Humus- und Feuchtezahl mit zunehmender Distanz vom Bach zu erkennen. Die **Lichtzahlen** sind bei der gut beschatteten Strecke VII tiefer als beim Dürrbach - eine Bestätigung der Untersuchungen zur Beschattung.

Tabelle 7. Mittelwerte ausgewählter Zeigerwerte der Vegetationsaufnahmen

Standort	Anzahl Arten	Humuszahl	Feuchtezahl	Nährstoffzahl	Lichtzahl	*)Wechselfeuchte	*) fließendes Bodenwasser
Altbachbiotop, r. Ufer A	11	3.65		3.76	3.47	59%	12%
Dürrbach I, linkes Ufer B	27	3.28	3.07	3.61	3.39	39%	
rechtes Ufer A	14	3.57	3.39	3.96	3.25	71%	11%
rechtes Ufer, B	23	3.21	2.83	3.48	3.38		
Strecke VII, linkes Ufer, A	17	3.76	3.71	3.82	2.94	65%	18%
linkes Ufer, B	14	3.24	3.06	3.59	3	29%	-
" Strauchschicht	5	3.2	2.8	2.6	3	40%	

A: direktes Ufer (Spritzwasserzone)

B: Böschung

\*) Zeigerpflanzen für....

### 3.5.2 Makroinvertebraten

#### *Methoden*

Die Benthosproben wurden einem *Surber-Sampler* (SURBER, 1936) genommen: Dabei wurde ein ca. 1,5m langes Netz mit einer Maschenweite von 250 $\mu$ m in die Strömung gehalten. Da die untersuchten Zuflüsse sehr unterschiedliche Choriotope und Abflussmengen aufweisen, wurde versucht, die Probenahme wie folgt zu standardisieren: Das Substrat wurde jeweils während ca. 2 Minuten durch 100 Wühlbewegungen mit einem Armierungsstab gestört. Dieser Vorgang wurde in der nahen Umgebung drei mal wiederholt. Die erfasste Grundfläche beträgt damit 3 x 90 cm<sup>2</sup>.

Die (Misch-)proben wurden danach gewaschen, belüftet, kühl gelagert und zum grössten Teil lebend ausgezählt. Mit Hilfe einer Teilungssäule (Subsampler nach MEYER, 1990) wurde die umfangreiche kleinste Fraktion (<500  $\mu$ m) geteilt, so dass eine angehend quantitative Auszählung möglich war.

Die Tiere wurden in Alkohol (ca. 70%) fixiert. Das Niveau der Bestimmung richtete sich nach den systematischen Einheiten, die bei der Bestimmung des Makro-Indexes (PERRET, 1970) empfohlen werden: Im allgemeinen wurde bis zur Gattung bestimmt (sh. Artenliste im Anhang).

Für die Probenahmen der Makroinvertebratenfauna im stark mit Makrophyten bewachsenen Chriesbach wurde eine andere Technik verwendet (Prinzip des Box-Samplers), das bei HOCEVAR (1993) näher beschrieben wird.

#### *Schwächen der Methode*

Der Chriesbach ist wegen der relativ schwachen Strömung nicht optimal für Flotationsproben geeignet. Wie bei allen biologischen Probenahmen, musste ein gewisser Verlust an Tieren in Kauf genommen werden. Verschiedene Feldexperimente zeigen, dass die Tiere im Benthos rasch auf Störungen reagieren, indem sie in die Drift gelangen oder sich ins Interstitial zurückziehen (BRETSCHKO & KLEMENS 1986). Besonders im Abschnitt I des Chriesbachs sowie im Abschnitt Altbach III, dürften Makroinvertebraten durch Lücken zwischen den grossen Steinen geflüchtet sein.

Wegen der dichten Sohle konnten zum Teil nur die obersten Zentimeter erfasst werden. Die geringe Individuenzahl im Brandbach ist vermutlich durch die erschwerte Probenahme in der engen und schwach durchströmten Bachrinne zu erklären. Da das verwendete Modell nach vorne offen ist, muss zudem die natürliche Drift mit einbezogen werden.

Die grösste Einschränkung dürfte der geringe Probenumfang sein. Die Saisonalität wurde bei den Zuflüssen gar nicht, beim Chriesbach mit zwei Probenahmeterminen nur begrenzt erfasst. Die Resultate sind somit unter diesen Einschränkungen untereinander vergleichbar.

### *Kriterien der Beurteilung, biotische Indices*

Zur Beurteilung der Gewässergüte wurden einige biotische Indices berechnet. Sie werden kurz vorgestellt und in ihrer Eignung für die Probenahmen am Chriesbach diskutiert.

#### *Diversitätsmasse*

Die **Anzahl Taxa** (systematische Einheiten) ist das einfachste Mass für die Vielfalt der Biozönose. Sie hängt stark vom Bestimmungsniveau und dem Probeumfang ab. Die **Diversität** nach SHANNON und WEAVER ist ein Mass für die Artenvielfalt mit Berücksichtigung der Abundanz, in unserem Fall der relativen Individuenzahlen. Die **Evenness** gibt Auskunft über die Dominanzverhältnisse: Sie stellt das Verhältnis der tatsächlichen Diversität zur Diversität bei vollkommener Ausgewogenheit der Taxen dar.

#### *Bewertungsskala BMWP und ASPT Index*

Die BMWP-Bewertungsskala stammt aus England und schreibt verschiedenen Familien der Makroinvertebraten einen Wert zwischen 1 und 10 zu.<sup>3</sup> Diese Zuordnung erfolgte aufgrund von Umfragen und Erhebungen der "Biological Monitoring Working Party" (1976), welche eine Korrelation mit chemischen und physikalischen Parametern anstrebt. Hohe Werte entsprechen einer "guten Wasserqualität" beziehungsweise einer geringen Belastungstoleranz der jeweiligen Familie. Der ASPT (average score per taxon) entspricht dem Mittel der Skalenwerte aller Familien, die an der untersuchten Stelle gefunden wurden. Der Mittelwert hat gegenüber der vormals üblichen Summenbildung einige Vorteile: Er stimmt besser mit chemischen und physikalischen Parametern überein und ist weniger von der Jahreszeit und der Intensität der Probenahme abhängig. (ARMITAGE, 1982)

Der ASPT wurde für die Beurteilung des Chriesbach als geeignet erachtet, weil er im Gegensatz zum Saprobien-System nicht für organisch belastete Fließgewässer entwickelt worden ist. Zudem erlaubt er trotz geringem Probeumfang und Bestimmungsaufwand eine recht feine Einstufung.

Nicht berücksichtigt wird beim ASPT die quantitative Zusammensetzung der Biozönose. Dies bedeutet ein wesentlicher Verlust an Information, die jedoch mit der Diversität und Evenness getrennt betrachtet werden kann. Diese Trennung von qualitativer und quantitativer Information kann auch als Vorteil des ASPT betrachtet werden.

#### *Makro-Index*

Der Makro-Index (PERRET, 1973) bietet ebenfalls eine einfache Beurteilung für qualitative Benthosaufnahmen. Zwei Kriterien bestimmen die Zuteilung von Werten auf einer Skala von 1-8: Zum Einen wird der Anteil der Insektentaxa berechnet. Im Weiteren entscheidet das Vorhandensein von bestimmten Artengruppen die feinere Zuteilung. Im Gegensatz zum ASPT-Index bedeuten hohe Werte hier eine hohe Belastung. Das Niveau der Bestimmung geht über die Bestimmung der Familien hinaus.

---

<sup>3</sup> Die Werte der BMWP-Skala für die gefundenen Familien sind im Anhang mit den Individuenzahlen der Makroinvertebraten tabelliert.

### *Kriterien der Beurteilung, biotische Indices*

Zur Beurteilung der Gewässergüte wurden einige biotische Indices berechnet. Sie werden kurz vorgestellt und in ihrer Eignung für die Probenahmen am Chriesbach diskutiert.

#### *Diversitätsmasse*

Die **Anzahl Taxa** (systematische Einheiten) ist das einfachste Mass für die Vielfalt der Biozönose. Sie hängt stark vom Bestimmungsniveau und dem Probeumfang ab. Die **Diversität** nach SHANNON und WEAVER ist ein Mass für die Artenvielfalt mit Berücksichtigung der Abundanz, in unserem Fall der relativen Individuenzahlen. Die **Evenness** gibt Auskunft über die Dominanzverhältnisse: Sie stellt das Verhältnis der tatsächlichen Diversität zur Diversität bei vollkommener Ausgewogenheit der Taxen dar.

#### *Bewertungsskala BMWP und ASPT Index*

Die BMWP-Bewertungsskala stammt aus England und schreibt verschiedenen Familien der Makroinvertebraten einen Wert zwischen 1 und 10 zu.<sup>3</sup> Diese Zuordnung erfolgte aufgrund von Umfragen und Erhebungen der "Biological Monitoring Working Party" (1976), welche eine Korrelation mit chemischen und physikalischen Parametern anstrebt. Hohe Werte entsprechen einer "guten Wasserqualität" beziehungsweise einer geringen Belastungstoleranz der jeweiligen Familie. Der ASPT (average score per taxon) entspricht dem Mittel der Skalenwerte aller Familien, die an der untersuchten Stelle gefunden wurden. Der Mittelwert hat gegenüber der vormals üblichen Summenbildung einige Vorteile: Er stimmt besser mit chemischen und physikalischen Parametern überein und ist weniger von der Jahreszeit und der Intensität der Probenahme abhängig. (ARMITAGE, 1982)

Der ASPT wurde für die Beurteilung den Chriesbach als geeignet erachtet, weil er im Gegensatz zum Saprobien-system nicht für organisch belastete Fließgewässer entwickelt worden ist. Zudem erlaubt er trotz geringem Probeumfang und Bestimmungsaufwand eine recht feine Einstufung.

Nicht berücksichtigt wird beim ASPT die quantitative Zusammensetzung der Biozönose. Dies bedeutet ein wesentlicher Verlust an Information, die jedoch mit der Diversität und Evenness getrennt betrachtet werden kann. Diese Trennung von qualitativer und quantitativer Information kann auch als Vorteil des ASPT betrachtet werden.

#### *Makro-Index*

Der Makro-Index (PERRET, 1973) bietet ebenfalls eine einfache Beurteilung für qualitative Benthosaufnahmen. Zwei Kriterien bestimmen die Zuteilung von Werten auf einer Skala von 1-8: Zum Einen wird der Anteil der Insektentaxa berechnet. Im Weiteren entscheidet das Vorhandensein von bestimmten Artengruppen die feinere Zuteilung. Im Gegensatz zum ASPT-Index bedeuten hohe Werte hier eine hohe Belastung. Das Niveau der Bestimmung geht über die Bestimmung der Familien hinaus.

---

<sup>3</sup> Die Werte der BMWP-Skala für die gefundenden Familien sind im Anhang mit den Individuenzahlen der Makroinvertebraten tabelliert.

**Ergebnisse**

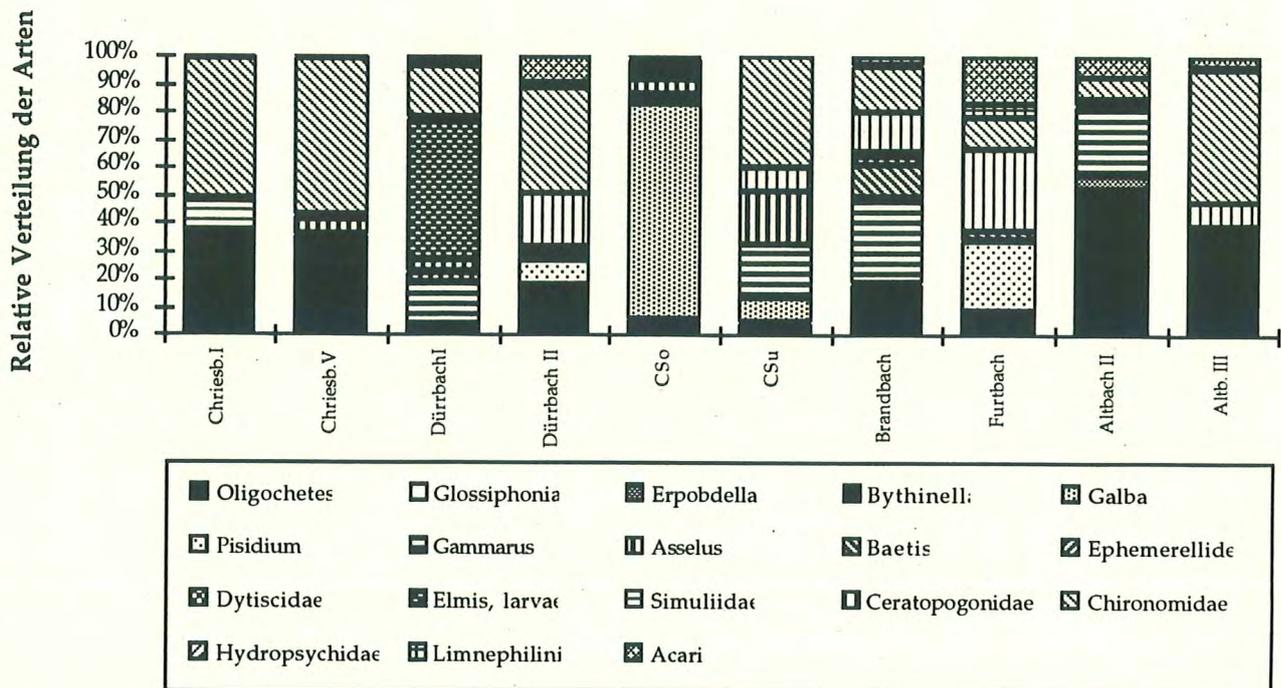


Abbildung 14: Relative Verteilung der häufigen Taxa des Makrobenthos

Chironomiden und Oligocheten dominieren die Biozönose des Chriesbachs und des unteren Altbachs. Die Zuflüsse sind in ihrer Artenzusammensetzung ausgeglichener und weisen ein grösseres Spektrum der Ernährungstypen auf.

Während im Chriesbach die Weider dominieren, würden im Oberlauf des Altbachs (AIII) vorwiegend Zerkleinerern und Detritusfresser gefunden. Dies ist auf die organische Belastung der ARA Eich zurückzuführen.

Der Dürrbach gleicht in seiner Artenzusammensetzung dem Unterlauf des Chriesbach, weist aber eine grösser Artendiversität und verschiedene Ernährungstypen (Detritivoren, Weidergänger und Räuber) auf. Im Oberlauf des Dürrbachs dominieren die Weider. Dies weist auf eine geringere Belastung mit organischen hin.

*Allgemeine Beurteilung der Gewässergüte*

Im allgemeinen zeigen die biologischen Indices eine niedrige Gewässergüte an. Auch der höchste ASPT-Werte (4.9) liegt in der unteren Hälfte der Skala. Die Diversitätswerte sind relativ tief im Vergleich zum Bereich 1,5 und 3,5 der für unbeeinträchtigte Biozönosen angegeben wird (MÜHLENBERG, 1989).

### 3.5.3 Fische

#### *Methodik, Teststrecken*

Am 23.6.1993 und am 16.7.1993 wurden zwei Teststrecken von je 100 m Länge nach einer quantitativen Removal-Methode abgefischt (Abfischgerät Grassl, 5kW, 2 Durchgänge). Gemäss dem standardisierten Vorgehen der Abteilung Fischereibiologie an der EAWAG wurde die Strecke mittels Netzen abgesperrt. Die Fische wurden betäubt, gewogen, in ihrer Totallänge vermessen und unter der Brustflosse mit Alcianblau markiert. Da die Fangwahrscheinlichkeit für kleine Stichliche äusserst gering ist, wurde diese Art nicht quantitativ erfasst.

Die erste Strecke liegt im stark verbauten und verkrauteten Abschnitt V welcher an das EAWAG Areal grenzt. Die zweite Strecke, welche leider in Folge eines Hochwassers am 16 Juli nicht mehr befischt werden konnte, liegt im Oberlauf des Chriesbachs (Abschnitt I, siehe Übersichtskarte). Beide Strecken werden im Kapitel Morphometrie näher beschrieben.

#### *Resultate*

**Tabelle 8 : Artenliste mit Individuenzahlen der Abfischungen**

		1. Abfischung 23.6.1993		16.7.1993
		Strecke V	Strecke I	Strecke V
ALET	<i>Leuciscus cephalus</i>	72	19	66
BARBE	<i>Barbus barbus L.</i>	2		3 (+10)
BACHFORELLE	<i>Salmo trutta fario</i>	9	17	4 (+4)
GRUENDLINGE	<i>Gobio gobio</i>	24		26*
SCHLEIE	<i>Tinca tinca</i>	1		
SCHMERLE	<i>Noemacheilus barbatulus</i>	3	7	
STICHLING	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	75	8	2
ROTAUGE	<i>Rutilus rutilus</i>	3		3
HECHT	<i>Esox lucius</i>	1		
Anzahl Arten		9	4	7
Total Individuenzahl aller Arten		189	51	115

\*: zusätzlich wurden 2 markierte Gründlinge ca 100 m oberhalb Strecke V gefunden

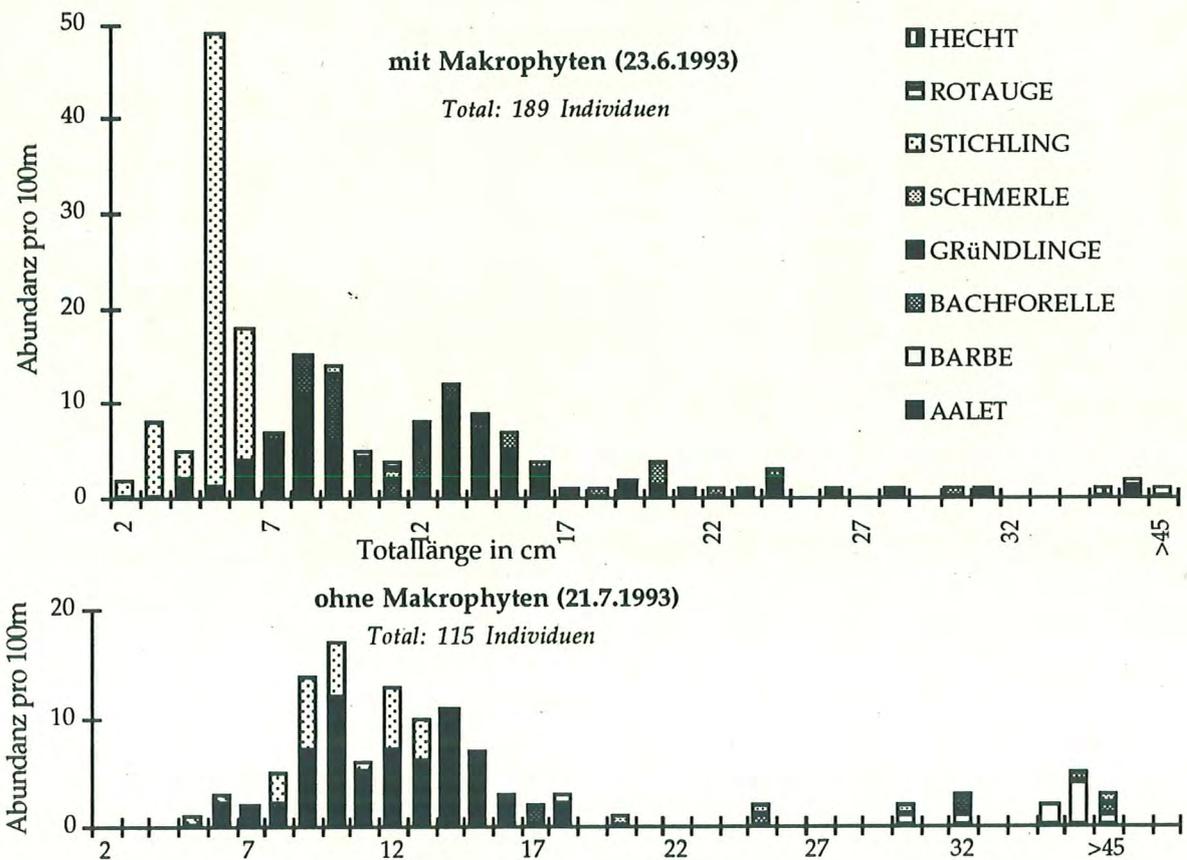
Die Daten in Klammern beziehen sich auf ein Kolk am unteren Ende der Strecke.

Aufgrund des Vergleichs der Fangzahlen der beiden Durchgängen konnte bei Alet und Bachforelle die effektive Abundanz für die Grössenklassen 0 - 5 cm, 6 - 10 cm, 10 - 15 cm abgeschätzt werden. Für die weiteren Arten sind die Fangzahlen zu niedrig für eine statistische Auswertung. Die Abschätzungen zeigten, dass die verwendete Fangmethode die Abundanz der Fischarten gut erfasst: Nur bei der Grössenklasse 11 - 15 cm (removal pattern: 6,4) des Alet ergibt der Chi-Quadrat-Test für die effektive Abundanz einen höheren Wert an (12 statt 10). Die oberen Grenze der Individuenzahlen (Vertrauensintervall 90%) liegen im Allgemeinen 2 - 3, maximal 11 (wiederum bei Alet, Grössenklasse 11-15cm) über der Summe der beiden Durchgänge.

**Vergleich der Abfischung vor und nach dem Mähen**

Wie bereits erwähnt, war es nur möglich die Strecke V vor und nach dem Makrophytenschnitt abzufischen. Dieser Vergleich lässt jedoch nur bedingt auf den Einfluss des Makrophyten schliessen, da der Effekt wahrscheinlich vom ansteigenden Hochwasser überlagert wurde.

Abbildung 16 zeigt einen allgemeinen Rückgang der Individuenzahlen, besonders bei den Stichlingen. Beim Alet ist eine leichte Verschiebung der Längenverteilung zu grösseren Individuen im Mittelbereich erkennbar. Grosse Individuen (über 20 cm Länge) fehlen jedoch bei der zweiten Abfischung. Da der Alet sich im Alter oft räuberisch ernährt, könnte dieser Effekt mit dem Rückgang von Beute an kleineren Fischen erklärt werden.



**Abbildung 16** Vergleich des Fischbestandes vor und nach dem Schneiden der Makrophyten. Auf der Abszisse sind die Grössenklassen nach der Totallänge angegeben.

**Markierungsversuch**

Es wurden bei der zweiten Abfischung nur wenige markierte Fische wiedergefunden. (3 Bachforellen, 2 Alet, 4 Gründlinge). Dies deutet darauf hin, dass zumindest einige Fische nach dem Makrophytenschnitt ins Chriesbachsystem zurückgekehrt sind. Die geringe Zahl kann darauf hinweisen, dass die Fische relative mobil sind und ihren Standort frei verändern; der Chriesbach weist mit Ausnahme der Zuflussmündungen keine Behinderung durch Querverbauungen auf. Es kann aber auch ein Hinweis dafür sein, dass es wenig bevorzugte Standplätze gibt, welche Individuen häufig aufsuchen. Leider war es aufgrund des erwähnten Hochwassers nicht möglich, weitere Bachstrecken oder in der Glatt auf markierte Fische abzusuchen.

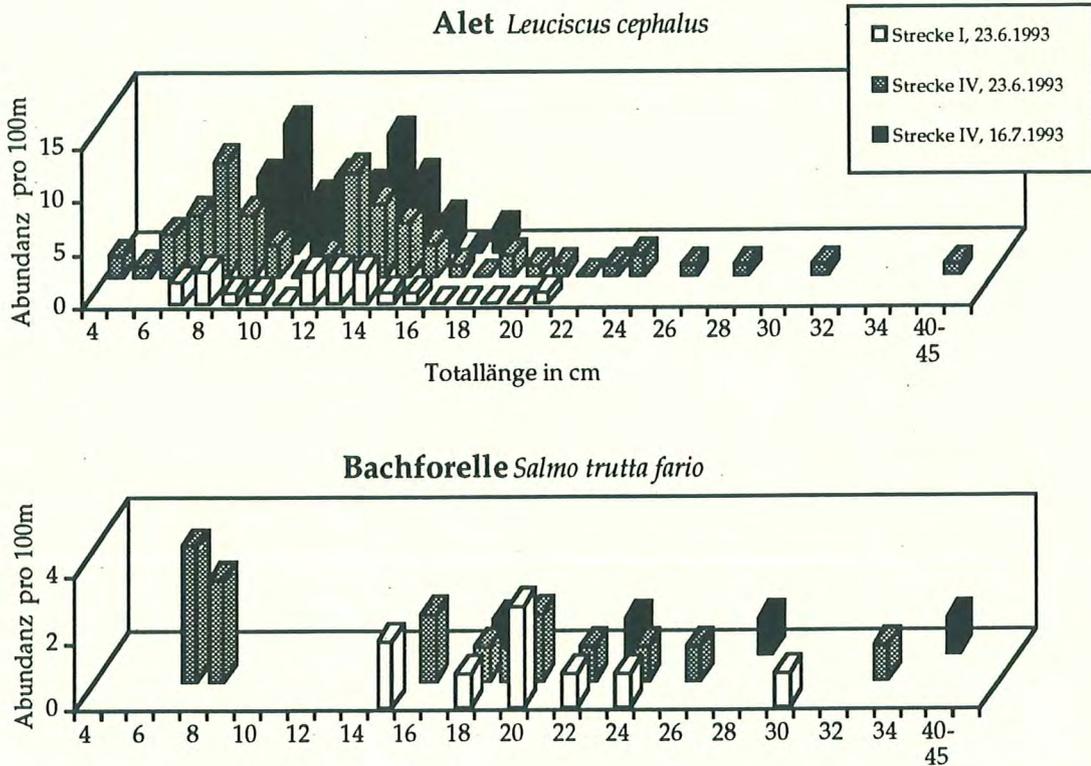


Abbildung 17 Längenfrequenzhistogramme des Alet und der Bachforelle

Längenfrequenzhistogramme geben indirekt Aufschluss über die Altersverteilung der Fischpopulation und damit über deren Stabilität und natürlichen Fortpflanzungsmöglichkeiten. Während bei der Alet von einer einigermaßen ausgewogenen Alterstruktur ausgegangen werden kann, widerspiegelt sich im lückenhaften Verlauf bei den Bachforellen, der starke menschliche Einfluss auf die Bestände. Es kann keine natürliche Altersstruktur erwartet werden, weil sie als beliebte Angeler Fischart eingesetzt wird. Bei dem Alet ist bei allen Terminen bei 9-10 cm eine Überlappung von zwei Alterklassen zu erkennen.

Die vorgekommenen Fischarten werden auf den folgenden Seiten kurz vorgestellt. Besonders berücksichtigt werden jene Eigenschaften, die für den Chriesbach und eine mögliche Renaturierung interessant erscheinen. Die Angaben stammen aus dem Verbreitungsatlas der Fische der Schweiz (PEDROLI, 1991), dem Fischatlas des Kantons Zürichs (STRAUB et al., 1993) und von PETER (mündliche Mitteilung). Es folgt eine zusammenfassende Diskussion der Eignung des Chriesbachs als Fischlebensraum.

## **Charakterisierung der Fischarten im Chriesbach**

### **Bachforelle, *Salmo trutta***

Die Verbreitung der Bachforelle ist sehr stark vom Menschen geprägt und erlaubt keine Rückschlüsse auf die Habitatsqualität. Diese Art bevorzugt kühles und sauerstoffreiches Wasser und kommt natürlicherweise in schnellfliessenden Bächen und Flüssen vor. Sie benötigt für die Fortpflanzung unverschlammte Kiessohlen, eine Bedingung, die im Chriesbach nicht gewährleistet ist. Auch die tiefen O<sub>2</sub>-Konzentration in der Nacht aufgrund der Respiration der Benthosbiozönose können kritisch sein, insbesondere für den Laich.

### **Hecht, *Esox lucius***

Auch wenn der Fang eines Hechts im Chriesbach Erstaunen ausgelöst hat, stimmt der Standort recht gut mit den Präferenzen dieser Art überein: Vegetationsreiche langsam fliessende Gewässer gehören zu seinen bevorzugten Lebensräumen. Zur Fortpflanzung werden vegetationsreiche Uferzonen oder überschwemmte Riedwiesen aufgesucht. Die historische Entwicklung des Chriesbachs ist jedoch ein Beispiel für den Verlust an Hecht-Laichplätzen. Da nur ein Individuum gefunden wurde, ist zu vermuten, dass es von der Glatt aufgewandert ist. Jedenfalls ist eine natürliche Reproduktion des Hechts im Chriesbach sehr unwahrscheinlich.

### **Barbe, *Barbus barbus***

Die Barbe ist typisch für den langsamfliessenden, relativ warmen Chriesbach, wenn sie auch im allgemeinen in grösseren Flüssen lebt. Da viele Populationen rückläufig sind, wird die Art als potentiell gefährdet eingestuft obwohl sie kommt häufig vor. Dieses Phänomen wird oft mit Gewässerverbauungen in Zusammenhang gebracht. Die Barbe ist auf Bodennahrung spezialisiert und daher auf eine intakte Bachsohle und Benthosfauna angewiesen.

Es ist charakteristisch, dass die meisten grossen Barben in einem tiefen Pool (am unteren Ende der Strecke V) gefangen wurden. Solche tiefe Stellen (Kolken) sind wichtige Wintereinstände und im Chriesbach eher rar.

### **Gründling, *Gobio Gobio***

Der Gründling ist relativ anspruchslos bezüglich der Wasserqualität. Dennoch gilt er als ein guter Indikator für den allgemeinen Zustand von Gewässern, da er zur Fortpflanzung lockere Sand- oder Kiesgruben benötigt, im Sommer seichte Zonen und im Winter grössere Tiefen bevorzugt. Sohlenverfestigungen und mangelnder Geschiebetrieb werden als Ursache für die Abnahme vieler Bestände angenommen. Die Art wird daher als potentiell gefährdet eingestuft.

### **Alet, *Leuciscus cephalus***

Der Alet ist als Art nicht gefährdet, obwohl er früher zugunsten der Bachforelle dezimiert wurde. Er scheint wenig empfindlich auf abnehmende Habitatqualität zu reagieren, wohl aber auf Reduktion von Unterständen (PETER, mündliche Mitteilung). Für diese Art sind im Chriesbach wahrscheinlich auch die Bedingungen zur natürlichen Fortpflanzung gewährleistet: Die Eier werden im Frühling bei schwacher Strömung an Pflanzen oder Steine geklebt.

### **Rotaugen, *Rutilus rutilus***

Rotaugen sind im ganzen Kanton Zürich verbreitet und kommen in Seen, Weihern, aber auch langsamfliessenden Flüssen vor. Die Art gilt als robust und anpassungsfähig und ist nicht gefährdet. Im Fischatlas des Kantons Zürich wird jedoch erwähnt, dass oft ganze Jahrgänge

fehlen, was mit schlechter Wasserqualität während der Aufwuchszeit in Zusammenhang gebracht wird. Kurzfristige Verschlechterungen der Wasserqualität, beispielsweise bei starken Regenfällen und Mischwassereinleitungen, stellen auch beim Chriesbach eine Bedrohung dar, insbesondere, da er zu ca. 25% von einer Kläranlage gespiesen wird.

#### **Schleie, *Tinca tinca***

Die Schleie ist eine auf Gewässerverunreinigungen wenig empfindliche Art. Sie ist jedoch für die Fortpflanzung auf relativ warme Temperaturen von 19- 20°C angewiesen und legt ihre Eier in Röhrichtgürtel.

#### **Stichling, *Gasterosteus aculeatus***

Der Stichling ist typisch für Gewässer, die reich an Wasserpflanzen sind. Er braucht sie als Unterschlupfstandorte und für die Fortpflanzung zum Bau von eigentlichen Nestern. Es ist daher nicht erstaunlich, dass die Individuenzahl dieser Art nach dem Mähen der Makrophyten am stärksten zurückgegangen ist. Auch die Driftmessungen während des Mähens zeigten, dass viele Stichlinge abwanderten oder weggeschwemmt wurden. Die Art gilt als wenig empfindlich auf Verunreinigungen und Verbauungen.

#### ***Der Chriesbach als Fischhabitat***

Es wird unterschieden zwischen dem allgemeinen Begriff "Habitat", der einen bestimmten Gewässerabschnitt als Lebensraum einer Fischpopulation bezeichnet, und dem Mikrohabitat, jenem Ort, wo ein Fisch zu irgendeinem bestimmten Zeitpunkt anzutreffen ist. (PETER, 1992). Damit ein Gewässer für eine bestimmte Art geeignet ist, müssen Bedingungen erfüllt sein, die den ganzen Lebenszyklus von der Eientwicklung bis zur Geschlechtsreife betreffen.

Mit der **mangelnden Uferstrukturierung** fehlen viele Aspekte für Fischhabitate: Hochwasserrefugien, Stillwasserzonen für Jungfische, Unterstände für die Winterzeit. Untersuchungen an der Melk in Österreich (JUNGWIRTH, 1991) haben gezeigt, dass mit Restrukturierungen bereits nach drei Jahren die Situation für die Fischfauna sich deutlich verbessern kann.

Die **Laichbedingungen** dürften für Stichling und Alet mit dem üppigen Pflanzenbewuchs erfüllt sein. Die Kolmatierung der Sohle ist jedoch für Kieslaicher eine schlechte Voraussetzung, besonders für den Gründling. Eine Kiessohle, wie sie für die Fortpflanzung von Forellen notwendig wäre, ist jedoch im Chriesbach kaum natürlich. Wie bei der Besprechung der Arten erwähnt wurde, wäre für das Laichen des Hechts die Wiederherstellung von flachauslaufenden, periodisch überschwemmten Ufer wichtig.

Die harte Verbauung der Einmündung des Furtbachs, Brandbachs und Chrebschüsselbachs wirken als Wanderbarrieren in die Oberläufe.

### 3.5.4 Vögel

Obwohl der Chriesbach nicht auf seine Habitatqualitäten für Vögel untersucht wurde, soll ein gelegentlicher Begleiter unserer Feldarbeiten nicht unerwähnt bleiben:

#### **Der Eisvogel, *Alcedo atthis***

Im März, April, August und September wurde mehrmals ein Eisvogel am Chriesbach beobachtet. Als Standvogel verlässt der Eisvogel sein Brutrevier nur, wenn er durch Vereisung dazu gezwungen wird (PERRINS, 1987). Daraus muss geschlossen werden, dass der Eisvogel für alle Lebensphasen auf die Bedingungen im Gebiet angewiesen ist. Da er von Mai bis Juli nicht gesehen wurde - in einer Zeit, in der wir oft am Bach an der Feldarbeit waren - kann es sein, dass er für die Brut andere Standorte in der Umgebung aufgesucht hat, möglicherweise den Oberlauf des Dürrbachs oder der die Glatt. Das Nest bauen Eisvögel in selbstgegrabenen Höhlen in steilen, erdigen Uferböschungen. Dazu bietet das Gerinne des Chriesbachs wenig geeignete Stellen. Die Uferlinie ist zudem im allgemeinen offen zugänglich und schlecht geschützt. Die Nahrung des Eisvogels besteht aus kleinen Oberflächenfischen, Wasserinsekten und anderen Makroinvertebraten und dürfte nicht limitierend sein. Der Eisvogel gilt als bedrohte Art und sollte da er vermutlich am Chriesbach natürlicherweise heimisch war mit einem Renaturierungsprojekt besser geschützt werden.

## 4. Schlussdiskussion

### 4.1 Vergleichende ökologische Beurteilung der Stellen

Zur Übersicht werden einzelne Punkte, die für eine Renaturierung des Chriesbachs zentral sind, der Untersuchung als Stichworte zusammengestellt, .

	wichtige ökologische Defizite	Renaturierungspotential Referenzstellen für Renaturierung
Altbach	Kritische chemische Belastung durch ARA Starke Verkräutung, dominiert durch <i>Ranunculus fluitans</i>	Selbstreinigung des Bachs könnte durch naturnahe Sohle, Linienführung erhöht werden
Dürrbach	Mässige chemische Belastung durch Landwirtschaft Verdichtete Sohle	Starke Beschattung und reiches Wurzelwerk im Oberlauf als Referenz für Uferbestockung Relativ reiche Biozönose
Chrebschüssel i-bach	Starke Verbauung, Eindolung (Reduktion der Gewässerlänge >80%)	Relativ gute Wasserqualität Versiltet aber lockere Sohle ev. als Referenz geeignet
Furtbach	Harte Verbauung der Mündung Kanalcharakter, keine Beschattung Punktueller starke chem. Belastung	
Brandbach	Harte Verbauung der Mündung Rechtes Ufer entwässert Ackerfeld	Linkes Ufer ist durch Wald geprägt. Referenzstelle für Uferlinie
Chriesbach Oberlauf	Harte Uferverbauung nur teilweise aufgebrochen Unnatürliche Sohle mit mittleren Steine versetzt Eintrag von (ev. belastetem) Grundwasser Einheitliche Strömungsverhältnisse	Uferübergänge mit überhängenden, im wasserstehenden Krautpflanzen sollten gefördert werden. (Erster Schritt einer natürlichen Sukzession)
Unterlauf	Harte Uferverbauung Kolmatierung der Sohlstrecken Makrophytenschnitt ist ein kurzfristig er, aber grossen Eingriff auf die Biozönose Einheitliche Strömungsverhältnisse	Ausbildung von Sandbänken, leichte Tendenz zur Prall- und Gleithängen sollte gefördert werden.

Naturverständnis	Renaturierungsziel	Defizite/Potential	Handlungsbedarf
Natur als... ... das Ursprüngliche	Urzustand	Reduktion der Gewässerlänge	Verlängerung der Niederwasserrinne
... Gegensatz zur Kultur	Abbau von anthropogener Beeinträchtigung	chem. Belastung durch LW und ARA	Pufferzonen schonende Bewirtschaftung
	Nachhaltige Landnutzung und Gewässerunterhalt	höhere Abflussschwankungen	Sanierung ARA Eich Entsiegelung
...Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Menschen	Stabilität des Ökosystems	mangelnde Beschattung Selbstreinigung erhöhen	Restrukturierung der Niederwasserrinne
	"intakte" flussmorphologische Funktionen	Kolmatierung der Sohle ev. reduzierte Grundwasserbildung	Naturnahe Vegetation
	Habitatreichtum Vernetzung	Wanderungshindernisse für Fische Mangelnde Vernetzung mit Umland ZB durch Wege	ev. Verzicht auf Makrophytenschnitt

Abbildung 18 Überblick der Defizite, Renaturierungspotentiale sowie des Handlungsbedarfes aus limnologischer Sicht.

Die Skizze bezieht sich auf Abbildung 3, in der in ähnlicher Weise die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden erläutert wurden. Die Pfeile verdeutlichen Zusammenhänge zwischen den untersuchten ökologischen Defiziten bzw. dem vorhandenen Renaturierungspotential. Es sind jedoch nicht alle möglichen Zusammenhänge eingetragen.

## 4.2 Der Handlungsbedarf aus limnologischer Sicht

Es folgt eine Erläuterung des Handlungsbedarfes für eine Renaturierung Chriesbach aus limnologischer Sicht. Wie folgende Übersichtsskizze zeigt, orientieren sich die einzelnen Punkte wieder an den drei Aspekten des Naturbegriffs, die im Kapitel 2 diskutiert wurden.

### 4.2.1 Restrukturierung der Niederwasserrinne

Die augenfälligste Abweichung vom Naturzustand ist die gerade Linienführung und gleichmässige Bachbreite. Eine Renaturierung muss Bedingungen schaffen, in denen sich ein variabler Bachlauf ausbilden kann. Der durchgehende Blockwurf, der als wirkungsvolles Hindernis einer solchen Entwicklung eingesetzt wurde, kann aufgebrochen und mit Lebendverbau ersetzt werden. Es wäre sicher nicht sinnvoll, in der dicht besiedelten Umgebung des Chriesbachs eine breite Überflutungszone wiederherzustellen. Für die **Niederwasserrinne** jedoch ist in Anlehnung an die ursprüngliche Gewässerlänge eine **Verlängerung von 20%** anzustreben. Dies trifft insbesondere für den Oberlauf des Chriesbachs zu.

Ein weitreichendes ökologisches Defizit ist die einheitliche **Strömung**. Eine erhöhte Tiefenvariabilität der Querprofile kann diesem Defizit entgegenwirken. Die Vermessung der Querprofile und Abflussmessungen zeigten, dass Makrophyten hier eine bedeutende Rolle spielen, indem sie lokale Stömungesunterschiede und die Bildung von Siltbänken fördern. Dies bedingt jedoch eine Beweglichkeit der Sohle, wie sie zum Beispiel in der Strecke V teilweise vorhanden ist (vgl. mit Kapitel 3.3.2) im Oberlauf des Chriesbachs jedoch unbedingt gefördert werden sollte.

Die **Sohle** sollte beweglich bleiben und muss zugleich an schnellfließenden Strecken, die mit einer variablen Linienführung ergeben, stabilisiert werden. Dazu bieten sich Sohlrampen, der Einsatz von einzelnen Blöcken, eine streckenweise kräftige Aufweitung des Gerinnes und das Anpflanzen von Weiden an.

Ein restrukturiertes **Querprofil** sollte im allgemeinen eine Kontaktfläche Wasser-Land aufweisen, die circa 30 % höher ist als bei verbauten Kleinfließgewässern (KONOLD, 1984). Diese Kontaktfläche ist insbesondere für die Selbstreinigung des Bachs von grosser Bedeutung. Die chemischen Untersuchungen haben ergeben, dass die Wasserpflanzen in der heutigen Situation nur einen untergeordneten Beitrag leisten. (Dieser wäre jedoch wahrscheinlich höher, wenn auf das Schneiden der Makrophyten verzichtet würde. Der Aufwuchs der sich mit der Zeit auf Wasserpflanzen bildet, spielt eine entscheidende Rolle bei der Selbstreinigung (PRUTIGER, 1992).)

Es sollten Stellen geschaffen werden, die nur **periodisch überflutet** sind. Als wichtige Lebensräume für Insekten in der terrestrischen Phase, Amphibien sowie für Fische (Laichplatz für den Hecht) könnten sie einen gewissen Ersatz für die trockengelegten Feuchtwiesen bieten. Bei einer Restrukturierung der Uferlinie sollten sich auch **Gleit- und Prallhänge** ausbilden können. Wenig gestörte Steilpartien können zum Beispiel Nistplätze für den Eisvogel darstellen.

**Totholz** kann massgebend zu einer besseren Strukturierung des Ufers beitragen, und sollte nach Möglichkeit im Bach gelassen werden. Es bietet Unterstände für Fische und sind auch, wie die Benthosuntersuchungen am Brandbach und oberen Dürrbach gezeigt haben, für die Makroinvertebraten wichtig.

#### 4.2.2 Naturnahe Abflussverhältnisse

In Bezug auf die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet liegt der heutige Chriesbach fern von einem Naturzustand. Es ist anzunehmen, dass der Abfluss aufgrund der längeren Fließstrecke und der grossflächigen Feuchtgebiete früher ausgeglichener war. Zur Beschleunigung des Abflusses und damit zu höheren Pegelschwankungen haben neben der Drainierung der Ackerflächen auch der Ausbau des Kanalisationsnetzes und die Ausdehnung der Siedlungsflächen beigetragen. Diese Zunahme von Hochwassern dient als Rechtfertigung, für die als zu grosszügig kritisierten Querprofile des letzten Ausbaus. (Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates, 1974)

Da die Abflussverhältnisse sehr grundlegend den Zustand eines Bachs und des Grundwassers prägen, muss eine Renaturierung im Sinne einer Ursachenbekämpfung auch an diesem Punkt ansetzen: Die **Entsiegelung** an geeigneten Stellen im Einzugsgebiet sollte gefördert werden. Als weitere Massnahme kann Niederschlag von der Kanalisation mittels Trennsystemen oder Versickerungsanlagen ferngehalten werden. Diese Massnahmen drängen sich auch aufgrund der chemischen Belastung durch Mischwassereintrag bei starken Regenereignissen auf.

#### 4.2.3 Auflockerung der Sohle

Verschiedene Hinweise deuten auf eine Kolmatierung der Bachsohle. Es ist jedoch nicht klar, inwiefern eine kolmatierte Sohle dem Naturzustand entspricht. Die Kolmatierung wäre jedenfalls nicht, wie bei anderen Gewässern, auf einen Rückgang der Abflussdynamik zurückzuführen, da diese eher zugenommen hat. Fest steht, dass die Sohle beim letzten Ausbau stabilisiert und durch die Bauarbeiten wahrscheinlich stark verdichtet wurde. Ein weiteres Zeichen für eine Abweichung vom ursprünglichen Zustand ist der Rückgang der Grundwasserergiebigkeit bei der Mündung in die Glatt (KEMPF, 1986). In Anbetracht der

Bedeutung von infiltrierendem Flusswasser für die **Trinkwasserbildung** - im Glatttal wird der Beitrag mit 75% der Grundwasserbildung angegeben (mündliche Mitteilung SCHÄELCHLI) - sollte auch die natürliche Infiltration ein längerfristiges Renaturierungsziel sein.

Eine natürliche Lockerung der Sohle ergibt sich wenn Pflanzen reichlich das Bachbett durchwurzeln können. Hierzu leisten die Makrophyten bereits einen Beitrag, sie sind aber kein Ersatz für Holzpflanzen. Insbesondere Weiden können mit ausgedehntem Wurzelwerk die Sohle restrukturieren und zugleich zur Stabilisierung des Ufers beitragen. Dies ist zum Beispiel im Oberlauf des Dürrbachs zu erkennen, wo das auffallend dichte, rote Wurzelwerk der Weiden gut sichtbar ist. An Stellen wie im Dürrbach und den Strecken I und II des Chriesbachs dürfte dies jedoch nicht genügen. Es ist denkbar, dass hier nur durch einen radikalen Eingriff, die Bachsohle aufgebrochen werden kann. Wenn der Bach schon so häufig gemäht wird, könnte man ihn auch einmal pflügen. Als erster Schritt sollten jedoch punktuelle Stellen gelockert werden, etwa die Platten aus Beton, welche nach jeder Zuflussmündung anzutreffen sind.

#### 4.2.4 Beschattung des Bachs

Es ist nicht klar, ob und wie stark der Chriesbach in seinem Urzustand beschattet war. Dennoch scheint es sinnvoll, im heutigen Zustand die Beschattung zu fördern:

- Es hat sich gezeigt, dass der Makrophytenbewuchs geringer ist an Stellen, die stärker beschattet sind. Es ist zu erwarten, dass mit einer Uferbestockung das üppige Wachstum der Wasserpflanzen reduziert werden kann. Wenn das einen Verzicht auf das Mähen der Wasserpflanzen erlaubt, wäre die Biozönose vor einem erheblichen Eingriff verschont.
- Ein Bewuchs, der bis an die Uferlinie reicht, kann viel zur Strukturierung und Stabilisierung des Ufers beitragen. Der positive Effekt auf die Benthosfauna zeigte sich bei der Untersuchung der Makroinvertebraten im Brandbach. Der Chriesbach zeigt nur nahe bei der Mündung Stellen an denen Gehölzpflanzen bis ans Ufer reichen. Die Aufnahmen zur Beschattung haben gezeigt, dass eine distanzierte Uferbestockung gerade um die Mittagszeit keinen Schattenwurf bietet.
- Ufergehölze können auch gezielt zur Stabilisierung des Ufers eingesetzt werden. Werden sogenannte Kopfweiden (wieder) eingeführt - die auf der Höhe des mittleren Hochwasserpegels geschnitten werden - kann die Verminderung der Abflusskapazität minimiert werden. Wie die Aufnahmen der Besonnung gezeigt haben, ist es aber wichtig, dass Äste bis über die Bachmitte reichen.

Aufgrund der allgemeinen Fließrichtung (Ostwest) ist eine Beschattung am Chriesbach besonders wirkungsvoll, (im Gegensatz zur Süd-Nord verlaufenden Glatt). Mit den Fischeaugeaufnahmen konnte gezeigt werden, dass die einfallende Strahlung bei Bestockung auf der Südseite wesentlich tiefer liegt als wenn ein ähnliche Bestockungsdichte auf der Nordseite vorliegt.

#### 4.2.5 Reduktion der chemischen Belastung

Die hohen Ammoniumkonzentrationen bei einem mittleren Hochwasser (2. Juni, 1993) weisen auf eine Überlastung der ARA Eich hin. Für eine allfällige Sanierung zur Regenentlastung spricht zudem die Tatsache, dass Abwasser in beinahe unverdünnter Form in den Altbach gelangt und den Chemismus des Chriesbachs massgebend (circa 25% des Abflusses) bestimmen.

Auch die Belastung durch Düngstoffe der Landwirtschaft ist beträchtlich: Hier müssten die Möglichkeit von **Pufferzonen** entlang des Dürrbachs, am linken Ufer des Chriesbachoberlaufs und am Brandbach überprüft werden. Pufferzonen können in erster Linie den oberflächlichen Eintrag bei Regenereignissen vermindern. Der Nährstoffeintrag durch Grundwasser kann nur dann durch Vegetation gepuffert werden, wenn die Wurzeln der Pflanzen im Grundwasser liegen (BOLLER-ELER, 1977 in MÜLLER, 1991). Dies ist beim abgesenkten Grundwasserspiegel des Chriesbach wohl kaum zutreffend. Mittelfristig ist mit einer zunehmenden Nitratbelastung im Grundwasser zu rechnen. Die Grundwasserproblematik zeigt, dass Gewässerschutz bis weit in die Landwirtschaftspraxis reichen muss. Der Dürrbach ist aufgrund seiner tiefen Lage im Gelände sowohl für langfristige Einträge durch das Grundwasser als auch für punktuell Düngeinschwemmungen über die Böschung besonders gefährdet.

Die notwendige Breite einer allfälligen Pufferzone wurde nach zwei Verfahren grob abgeschätzt, dem Entscheidungsschlüssel des Verfahrens Schattweid sowie durch das Verfahren BfÖ (1986). Die Abschätzung ergab eine notwendige Breite von 10 - 20 m.

#### 4.2.6 Vernetzung von Lebensräumen

Die harte Verbauung der Mündung der Zuflüsse (Brandbach, Furtbach, Chrebschüsselibach) ist nach Möglichkeit aufzuheben, da sie für Fische eine Wanderungsbarriere darstellen. Dies trifft auch für Makroinvertebraten zu, die nicht eine terrestrische Phase haben.

Eine naturnahe Ufervegetation, welche bis an den Bach reicht, wäre ein weiterer wichtiger Beitrag zur Vernetzung von Lebensräumen. Damit würden Habitate von Vögel, Amphibien und Insekten besser miteinander verbunden. Dies erfordert eine weitere Anpassung des Uferunterhalts an geeigneten Stellen. So sind beispielsweise die Libellen für die Paarung auf Pflanzen, die ins Wasser überhängen, angewiesen (BELLMANN, 1987). Zumindest sollten Ufervegetation und Wasserpflanzen nicht gleichzeitig geschnitten werden.

Die Wege, welche das Ufergebiet beinahe auf der ganzen Strecke beidseitig eingrenzen, sollten zumindest auf der einen Bachseite aufgehoben werden. Wege sind Schranken für Kleinsäuger. Auch könnte eine solche Massnahme die Störung des Bachbereiches durch Erholungssuchende vermindern.

### 4.3 Offene Fragen

- Aufgrund der kritischen Nitratbelastung des Chriesbachs, die auf landwirtschaftliche Einträge zurückzuführen ist, wäre es sicher sinnvoll, ihn auf Pestizidbelastung zu untersuchen.
- Aufgrund der starken Schwankungen der chemischen Parameter und der Überschreitungen der gesetzlichen Anforderungen an die Einleitung in Oberflächengewässer, sollten der Furtbach und der Brandbach weiter auf ihre chemische Belastung hin untersucht werden.
- Der Einfluss des Pflanzenbewuchs auf den Abfluss ist eine Frage, die am Beispiel des Chriesbachs gut untersucht werden könnte. Besonders interessant wäre eine Untersuchung über die Auswirkungen bei Hochwasser, da sie eine der angegebenden Begründungen für den Makrophytenschnitt sind. Sollte der Beitrag der Makrophyten auf die Gerinnerauhigkeit gering sein, könnte auf den Schnitt, der mit einem erheblichen personellen und finanziellen Aufwand verbunden ist, verzichtet werden.
- Weitere Untersuchungen im Sinne der Sickerversuche (Kapitel Kolmation) könnten zur Klärung der Fragen bezüglich Infiltration und Grundwasserbildung beitragen.
- Diverse kleine Einläufe in den Chriesbach konnten nicht chemisch analysiert werden. Die meisten sind Überläufe, deren Untersuchung bei einem einsetzenden Regen interessant wäre. Insbesondere ein Rohr mit 80 cm Durchmesser ca 100 m oberhalb der Mündung in die Glatt zeigt bei einem Regen Schaumbildung und wird als beträchtliche gerüchliche Belastung wahrgenommen.

## 5. Literatur

- Amt der oberösterreichischen Landesregierung, (1992): Gewässerzustandskartierungen in Oberösterreich, Steyr, Folge 14, ca. 50 S.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Kt Zürich (1975): Technischer Bericht zum Gewässerausbau Chriesbach und Altbach
- Armitage, P.D., (1982): "The performance of a new biological water quality score system based on macro-invertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites": *Water Res.* 17, No. 3: 333-347
- Bellmann, H. (1987): *Naturführer Libellen*, Melsungen, Berlin, Basel, Wien: NeumannNeudamm. 268 S.
- Bretschko, G. & Klemens, W.E. (1986): Quantitative Methods and aspects in the study of the interstitial fauna of running waters. *Stygologia* 2: 297-316
- BfÖ, Bürogemeinschaft für angewandte Ökologie, (1986) Schlüssel zur Festlegung der Breite und Ausdehnung von Pufferzonen bei Naturschutzgebieten, Zürich. 5. S
- Bostelmann, R. (1990): Morphologische Fließgewässerbewertung nach WERTH am Beispiel der Alb, Einschätzung eines Bewertungsverfahrens. In: *Handbuch Wasserbau, Naturgemässe Gestaltung von Fließgewässern*, Heft 3, Kolloquium am 3.5.1990 in Karlsruhe, Ministerium für Umwelt, Baden-Württemberg und Inst. für Wasserbau und Kulturtechnik, Univ. Karlsruhe
- BUS, Bundesamt für Umweltschutz (1983): *Der Zustand der schweizerischen Fließgewässer*, EDMZ, Coffari, E. (1977): *The sun and the celestial vault*. In: Sayigh., A.A.M., *Solar Energy Engineering*, Academic Press, New York, San Francisco, London. ca. 30 S.
- Eidg. Amt für Umweltschutz/EAWAG (1977): *Zustand der schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974/1975*, BUWAL 3003 Bern, 274 S.
- Ellenberg, H. (1978): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, Ulmer,Verlag, Stuttgart. S. 77, S. 384-433
- Frutiger, A. (1992): *Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Einige konzeptionelle Gedanken dazu sowie die aktuelle Situation in der Schweiz*. *Limnologie aktuell*, Band 3. S. 112-128
- *Biologie aquatischer Lebensräume - Teil Fließgewässer*, Vorlesungsskriptum, ETH-Zürich ca. 100 S.
  - *Ökologie aquatischer Lebensräume - Teil Fließgewässer*, Vorlesungsskriptum, ETHZ, 135 S.
- Hessische Landesanstalt für Umwelt (1983): *Hessisches Gütemessprogramm für oberirdische Gewässer - Fließgewässer- Schriftenreihe Gewässerschutz*, Heft 3. 158 S.
- Hegg, O. (1977): In: *Vegetation und Klima*, Rinteln, 24. - 27.3. 1975, *Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde*, (Hrg: Reinhold Tüxen), Cramer Verlag, Vaduz
- Jungwirth, M. (1991): *Restrukturierungsprojekt Melk, Gewässerökologische Begleituntersuchungen*, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 374 S.
- Kempf, Th. (1986): *Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich*, Erläuterungen zur Grundwasserkarte, AGW, Kt. Zürich, Hrsg: Dir. der öffentlichen Bauten und Schw. geotechnische Kommission, Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, Bern, 209 S.
- Keller, E., Pfister, P.(1988): *Geographische Fallstudie, Teil 1: Entwicklung des Gewässernetzes*, Geogr.Inst. ETH Zürich, *Berichte und Skripten* Nr. 33
- Kemmerling, W., Wurzer E., (1985): *Revitalisierung von Fließgewässern*, 3. Seminar Landschaftswasserbau an der Technischen Universität Wien. 382 S.
- Konold, R. (1984): *Zur Ökologie kleiner Fließgewässer*, Band 6. *Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg*, Bd. 6, Verlage Eugen Ulmer, Stuttgart, 260 S.
- Kummert, W., Stumm, W. (1989): *Gewässer als Ökosysteme, Grundlagen des Gewässerschutzes*, Verlag der Fachvereine Zürich. 318 S.
- Lampert W., Sommer U. (1993): *Limnoökologie*, Thieme Verlag Stuttgart, ca. 437 S.
- Lange, H, Lecher, W. (1986): *Gewässerregelung, Gewässerpflege, Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern*, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, ca 200 S.

- Matthäi, Chr. (1991), Vergleich eines renaturierten mit einem naturnahen Abschnitt des Beurer Bachs im bayerischen Voralpenland, Diplomarbeit an der Fakultät für Biologie der Albert-Ludwigs-Univ. Freiburg i.Br., 133 S.
- Müller, R., Marti, K. (Version 1993): "Pufferzone für Moorbiotope", Literaturrecherche im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, topos - Beratung, Planung und Forschung in Umweltfragen, Zürich,
- Niemeyer-Lüllwitz, Popp, Winkler, Zucchi (1988): Rettet die Bäche, Natur & Umwelt-Praxis, Band 2, Natur & Umwelt, München
- Pedroli, Zaugg, Kirchhofer (1991): Verbreitungsatlas der Fische und Rundmäuler der Schweiz, Schweizerisches Zentrum für die kartografische Erfassung der Fauna, Neuchâtel 203 S.
- Peter, A. : Fliessgewässer als dynamische Systeme, EAWAG-Mitteilungen Dez. 1991, EAWAG, 8600 Dübendorf, Schweiz
- Peter, A. (1990): Fische: Biologie, Ökologie, Ökonomie. Vorlesungsskriptum, ETHZ-Zürich, ca. 50 S.
- Perrins, Chr. (1987): Vögel: Biologie, Bestimmen, Ökologie, Verlag Parey, Hamburg und Berlin. 318 S.
- Remmert, H. (1988): Naturschutz, Springer Verlag, Berlin, 200 S.
- Regierungsrat des Kantons Zürich (1974): Auszug aus dem Protokoll der Sitzung vom 13. März. 1974
- Schumacher, Thiesmeier (1991): Urbane Gewässer, Verlag Westarp Wissenschaften
- Sigg, L. , Stumm, W. (1989): Aquatische Chemie, Verlag der Fachvereine Zürich. 373 S.
- Maeder (1985): Vom grossen Ried zum Aerodrom, In: Heimatbuch Dübendorf, 1985, 39. Hrsg.: Verkehrs- und Verschönerungsverein Dübendorf, 50. S.
- Mühlenberg, M. (1989): Freilandökologie, 2. Auflage, UTB. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg-Wiesbaden, 430 S.
- Schälchli, U. (1993): Berechnungsgrundlagen der inneren Kolmation von Fliessgewässersohlen, (Zusammenfassung der Dissertation)
- Schwoerbel, J. (1980): Methoden der Hydrobiologie (Süsswasserbiologie). Kosmos - Gesellschaft der Naturfreunde. Frank'sche Verlagshandlung. Stuttgart: 113-136
- Schwoerbel, J. (1987): Einführung in die Limnologie, 6. Auflage, Fischer Verlag, Stuttgart, ca. 120 S.
- Werth, W. (1987): Ökomorphologische Gewässerbewertungen in Oberösterreich (Gewässerzustandskartierungen), Sonderabdruck aus Österreichischer Wasserwirtschaft, 39:5, SpringerVerlag, Wien.
- Willmanns, O. (1984): Ökologische Pflanzensoziologie, UTB, ca. 200
- VAW, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hadrologie und Glaziologie der ETHZ, (1990): Die Langeten sohle, Bericht über die Auswirkungen der Hoschwasserableitung auf die Langetensohle zwischen dem Entlastungsbauwerk und Langenthal, Bericht 970, II, 95. S.

### *Bestimmungsliteratur*

- Franke, U. (1979): Bildbestimmungsschlüssel mitteleuropäischer Libellen-Larven (Insecta: Odonata). Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser.A Nr. 333 17 S.
- Glöer, P., Meier-Brook, C., Ostermann, O. (1992): Süsswassermollusken. DJN Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung 10.Auflage
- Klausnitzer, B. (1984): Käfer im und am Wasser. Neue Brehm-Bücherei A. Ziemsen Verlag, Wittenberg.
- Kohmann, F., Schmedtje, U. (1988): Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten . Informationsberichte des bayer. Landesamts für Wasserwirtschaft 2, 88, München
- Lauber, Wagner (1992): Bestimmungsschlüssel zur Flora des Kantons Bern, Verlag Paul Haupt Bern
- Hess, H.E., Landolt, E., Hirzel, R. (1984); Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz, Birkhäuser Verlag, Basel, 650 S.
- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, Ph. (1987): Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. Imprimerie C.R.D.P., Lyon.3e édition

## 6. Dank

In erster Linie danke ich meinen KollegInnen, Sandra Hocevar, Werner Fessle, Patrik Brunner und Marcel Roth für die gute Zusammenarbeit am Projekt "Renaturierung Chriesbach". Den Betreuern Dr. Andreas Frutiger und Prof. Martin Fritsch danke für ihre anregende Unterstützung.

Weiter möchte ich mich bei allen MitarbeiterInnen der Abteilung Limnologie für eine "umfassende Betreuung" bedanken: Von den Nachhilfestunden in Photographie von Herrn Schlupp über die stets herausfordernden, anregenden Fragen von Dr. Heinrich Bühler bis zur intensiven methodischen und inhaltlichen Unterstützung von Christof Matthäi, Markus Nägeli und Alexander Imhof.

Ein besonderer Dank richtet sich an alle, die einen bestimmten Bereich dieser Arbeit betreut haben:

Dr. Silke Meyns für die Betreuung der chemischen Untersuchungen.

Dr. Elisabeth Meyer für die Beratung der biologischen Benthosuntersuchungen.

Dr. Armin Peter für die Unterstützung des fischbiologischen Teils und die praktische Einführung in die Gewässerzustandskartierungsmethode nach WERTH.

Dr. Rudolf Koblet für die Hilfe bei der Auswertung von alten Karten

Dr. Urs Uehlinger für die Hilfe bei der Vorbereitungen und Auswertung der Fischaugenaufnahmen.

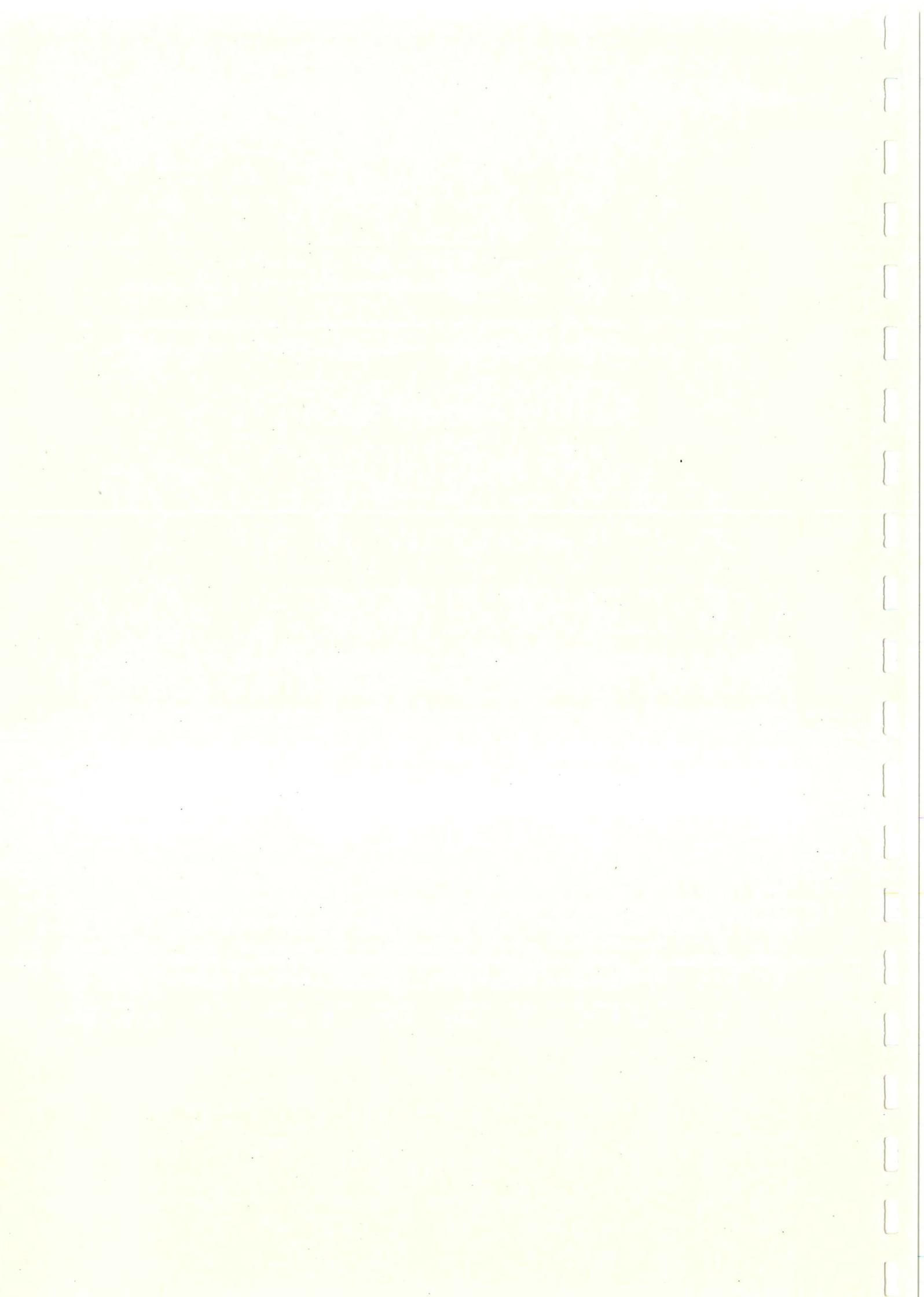
Für die Auskünfte zum Untersuchungsgebiet danke ich Herrn Hugo Maeder, Herrn Boss von der Kläranlage Eich sowie den Herren Lang und Nosari vom Amt für Gewässerschutz.

Ich danke auch allen, die mir bei den Feldarbeiten behilflich waren, insbesondere für das Durchhalten bei der zweiten Abfischung bei Regen, Blitz und Hochwasser.

Die gute, kooperative Stimmung und die anregenden Diskussionen mit den Diplomandinnen Panoramastübli mit den DipomandInnen Petra Ammann, Sabina Schwarz, Jürgen Müller, und Rainer Zah wusste ich sehr zu schätzen. Für die Unterstützung beim Korrekturlesen danke ich herzlich Stefano Simoni, Hans Schellenberg und Markus Meier.

## **7. Anhang**

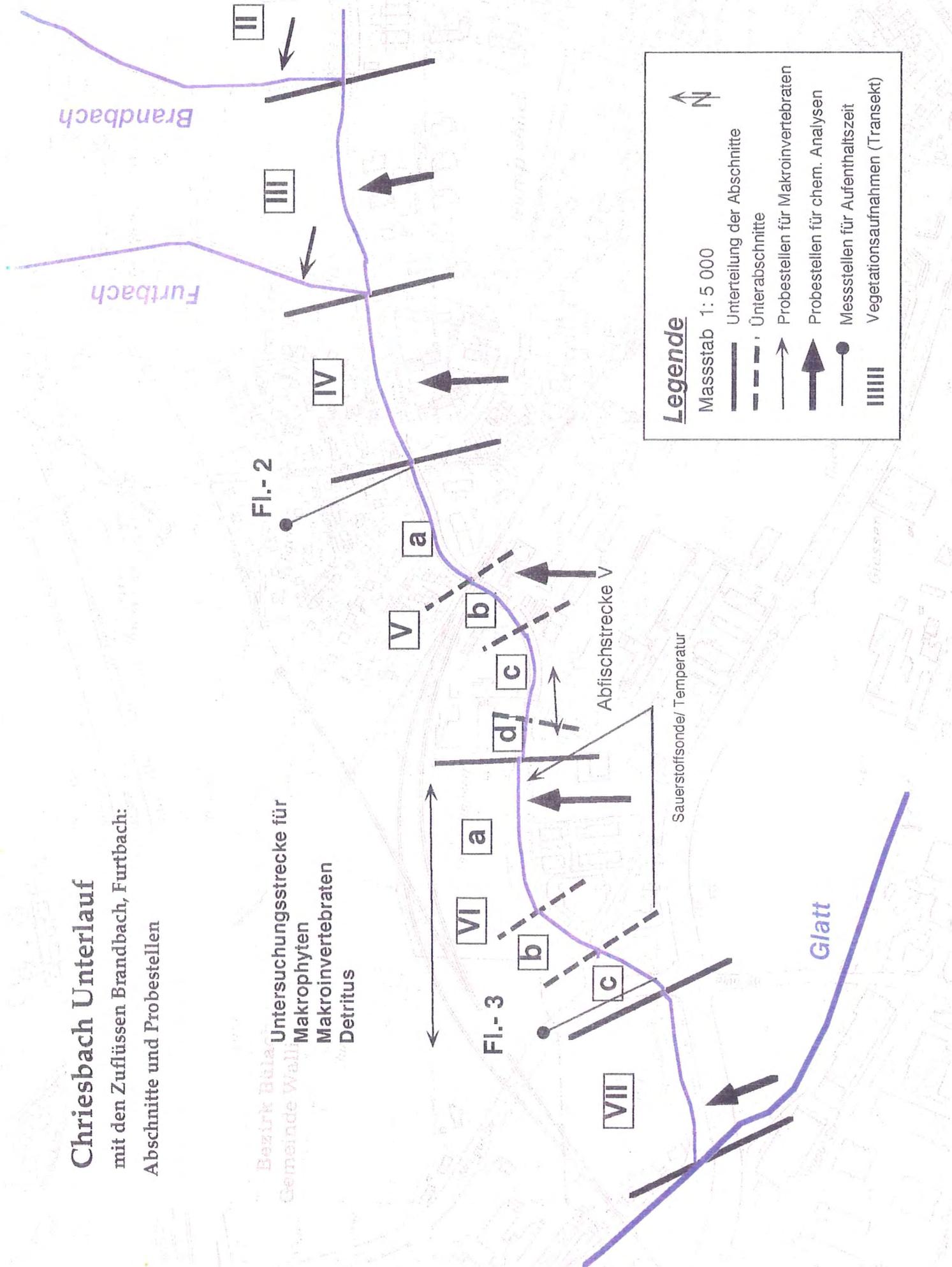
- 1. Karte des Untersuchungsgebietes: Abschnitte und Probestellen**
- 2. Photos zum Untersuchungsgebiet**
- 3. Das Gewässernetz Chriesbach um 1950 und 1850 (2 Karten)**
- 4. Beschattung: Projektion der Sonnenbahnen auf die Horizontebene**
- 5. Fischaugenaufnahmen, typische Beispiele**
- 6. Daten der Gewässerzustandskartierung nach Werth**
- 7. Chemische Analysen (Messdaten in Tabellen)**
- 8. Abfischungen: Individuenzahlen in Grössenklassen**
- 9. Individuenzahlen der Makroinvertebraten**
- 10. Artenlisten der Vegetationsaufnahmen**
- 11. Berechnungen zu den Pegelschwankungen**
- 12. Abflussmessungen**



# Chriesbach Unterlauf

mit den Zuflüssen Brandbach, Furtbach:  
Abschnitte und Probestellen

Bezirk Bielefeld  
Gemeinde Wallen  
Untersuchungsstrecke für  
Makrophyten  
Makroinvertebraten  
Detritus



**Legende**

Masstab 1: 5 000

- Unterabteilung der Abschnitte
- - - Unterabschnitte
- ↑ Probestellen für Makroinvertebraten
- ↑↑ Probestellen für chem. Analysen
- Messstellen für Aufenthaltszeit
- ||||| Vegetationsaufnahmen (Transekt)

↑ N



A III

# Chriesbach Oberlauf

mit den Zuflüssen Altbach, Dürrbach, Chrebschüsselibach:

## Abschnitte und Probestellen

Massstab 1: 5000

(Siehe Legende auf Rückseite)

Eine weitere Probestelle (DII) befand sich weiter oben am Dürrbach, wo er aus der Landepiste des Fulghafens tritt

Autobahn  
entwässerung

Altbach

Dürrbach

Untersuchungsstrecke zu:  
Makroinvertebraten  
Makrophyten  
Sediment  
Fische

I

Fl.- s

b

Fl.- 1

II

CS I

CS II

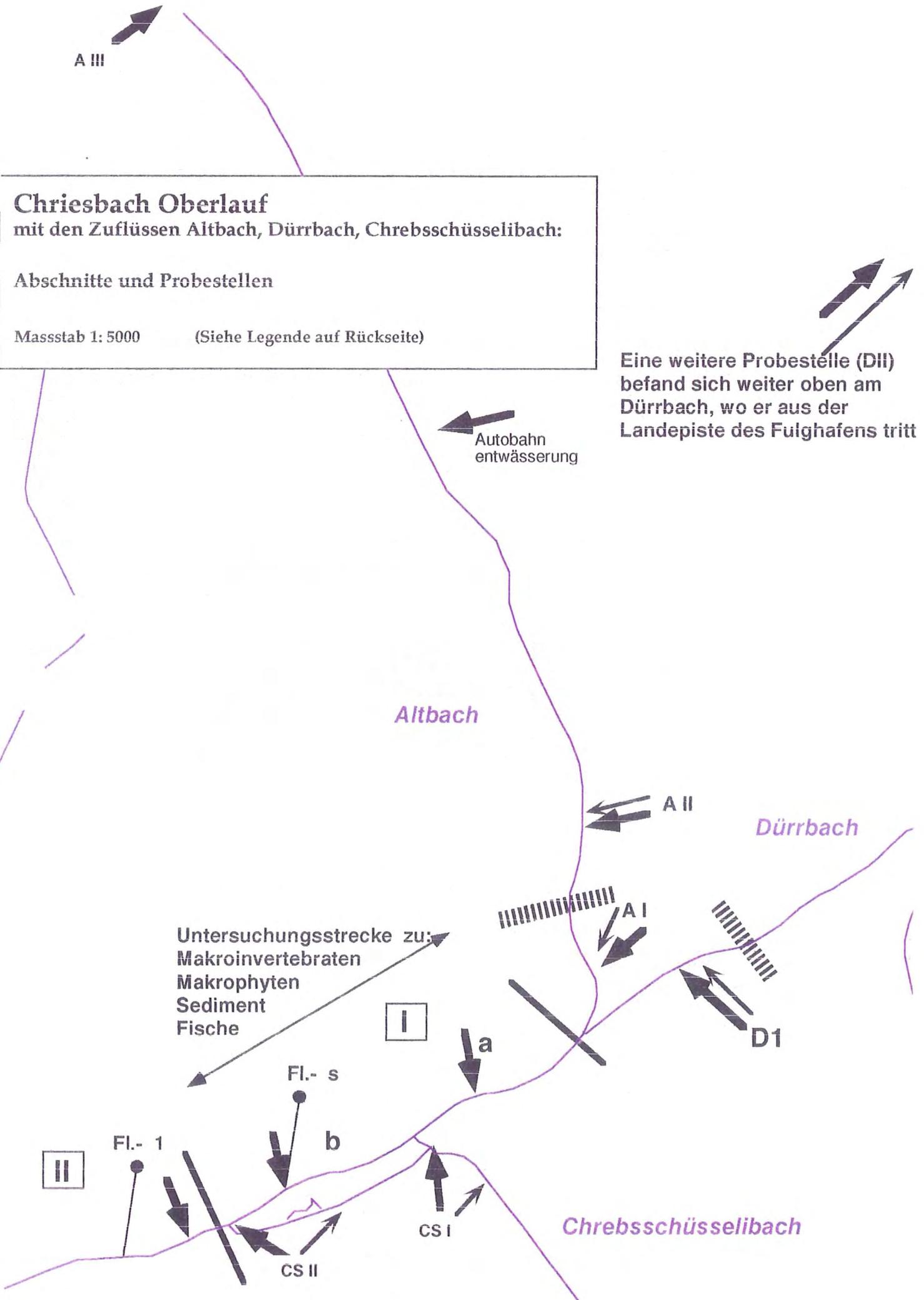
Chrebschüsselibach

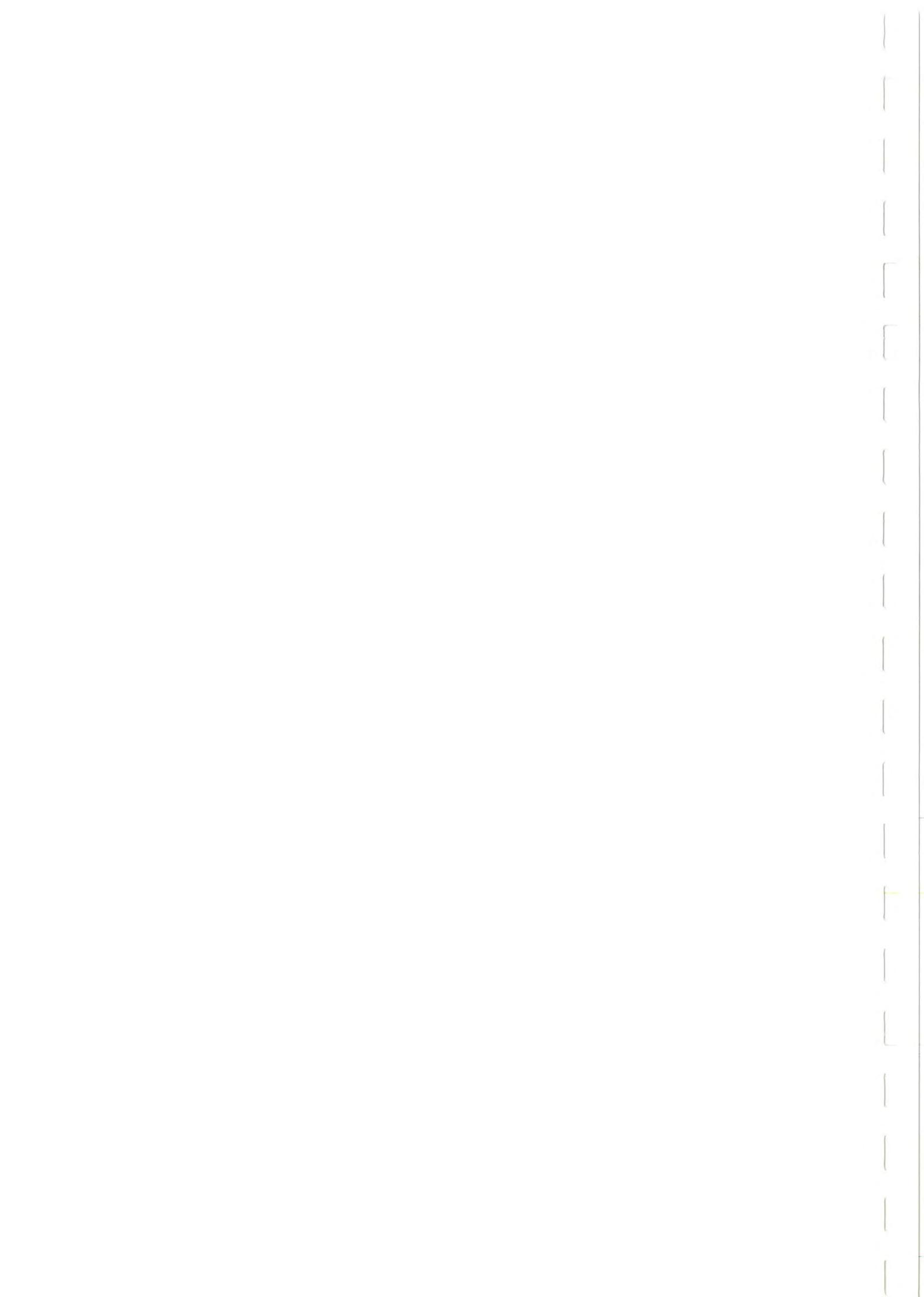
A II

A I

D I

a







*Unter der Kriesbachstrasse (Abschnitt V/IV flussaufwärts) 26.6.1993*

## Der Bach im Siedlungsgebiet



*Abschnitt V, in Fliessrichtung*





*Altbach in voller Blüte (Ranunculus fluitans) 3.6.1993*



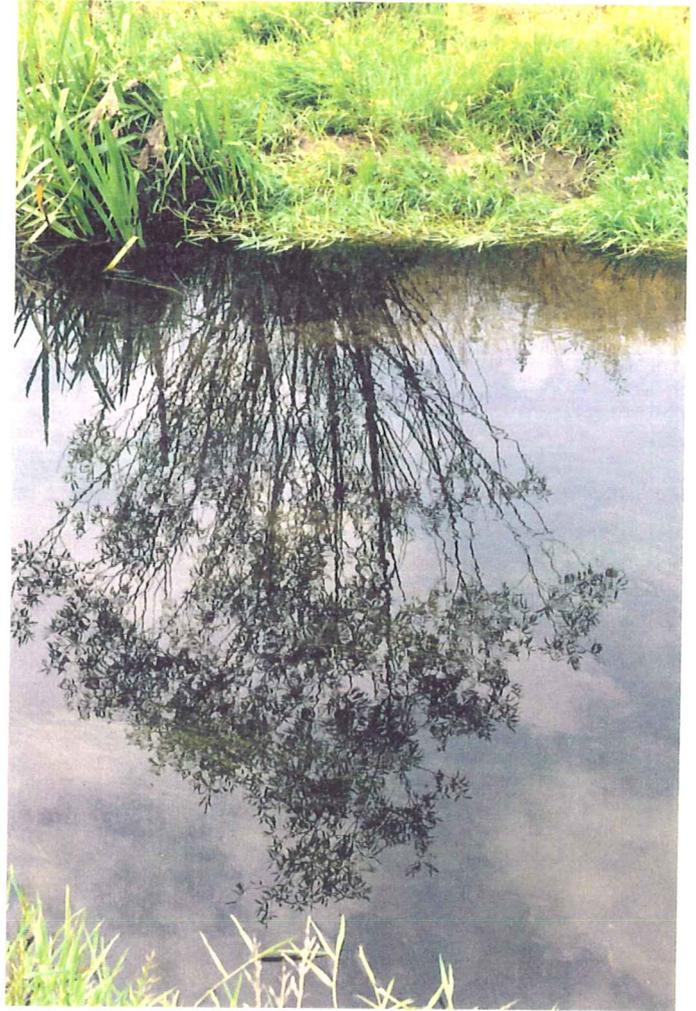
rechts: *Unterlauf des Dürrbachs., 3.6.1993*



## Bedeutung der Beschattung für den Makrophytenbewuchs



*Abschnitt VII, geringer Bewuchs unter lokal dichter Bestockung*



*Abschnitt: spärliche Beschattung durch vereinzelte Weiden*



*Abschnitt III: Auf der südexponierten Seite des Bachs wachsen mehr Makrophyten*





## Einige Ufertypen

*Chrebschüsselibach, (Biotop)  
3.6.1993*



*Urtico-Aegopodietum,  
(Abschnitt V)*



*Das „kleinkarierte“ Ufer  
(Abschnitt I)*



*Das „kahle“ Ufer (Altbach )*





*Mähen der Makrophyten 28.6.1993*

## Was der Mensch aus dem Bach holt...

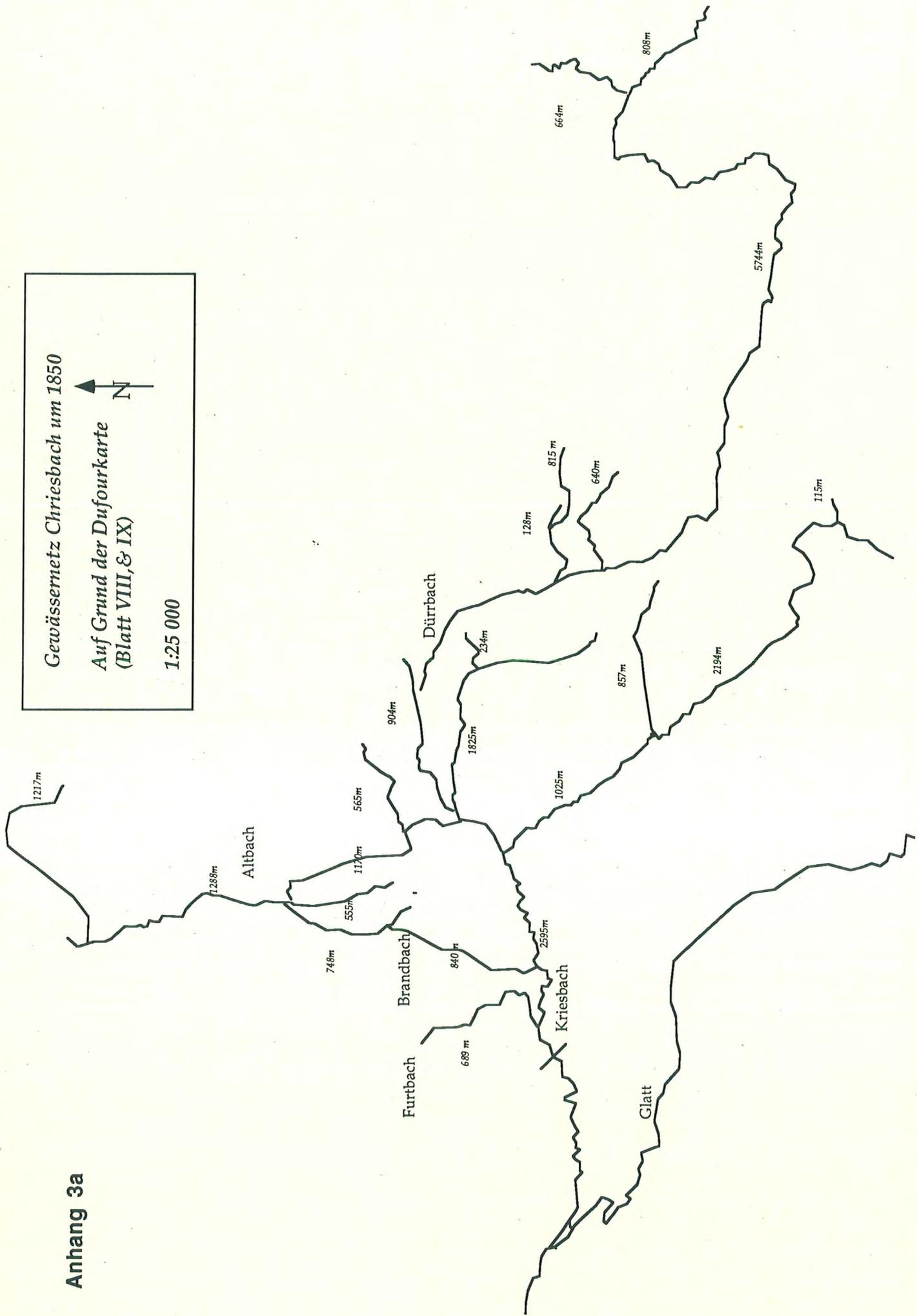


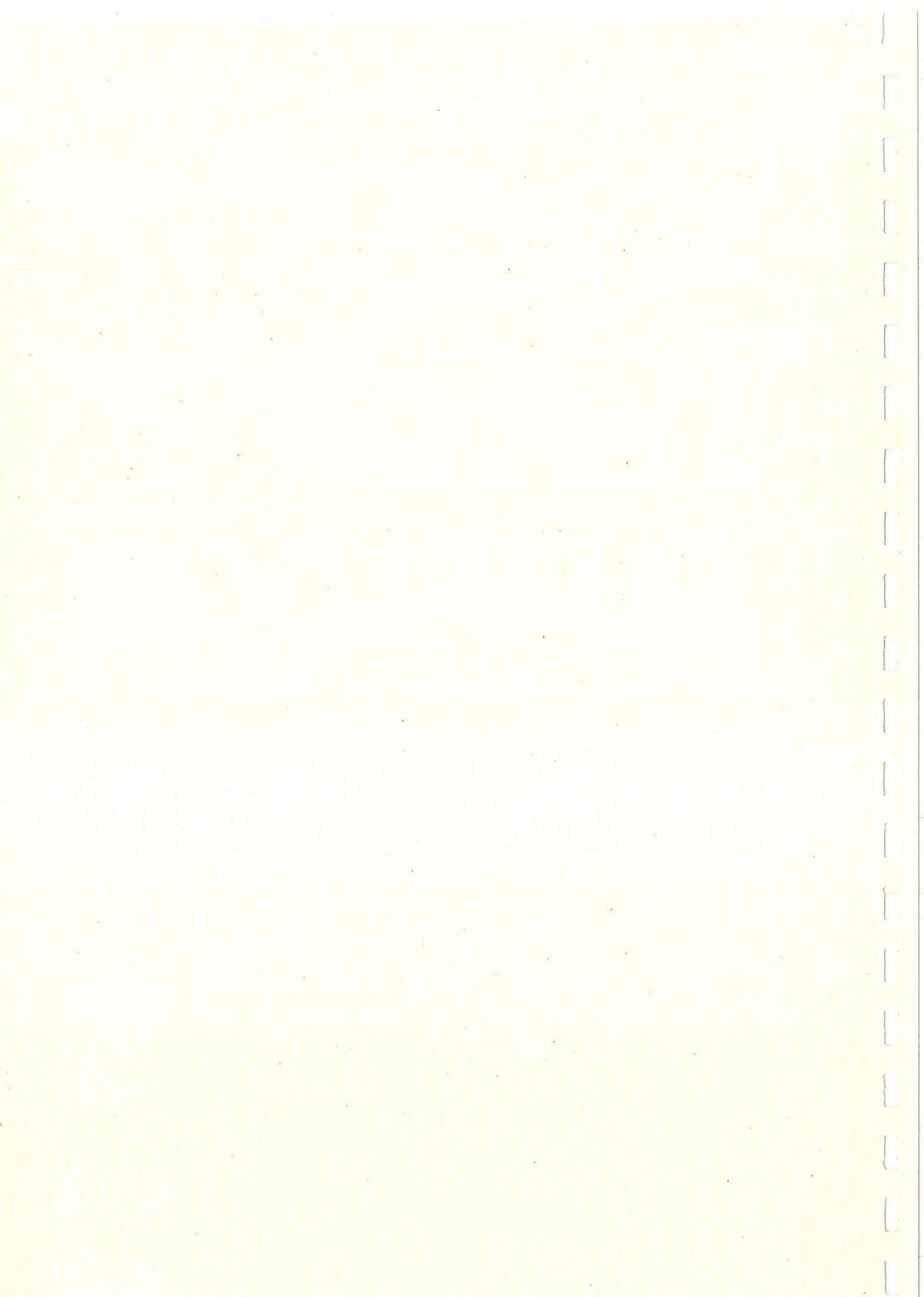
*Bachforelle, *Salmo trutta fario* , Abfischung am 23.6.1993*



# Anhang 3a

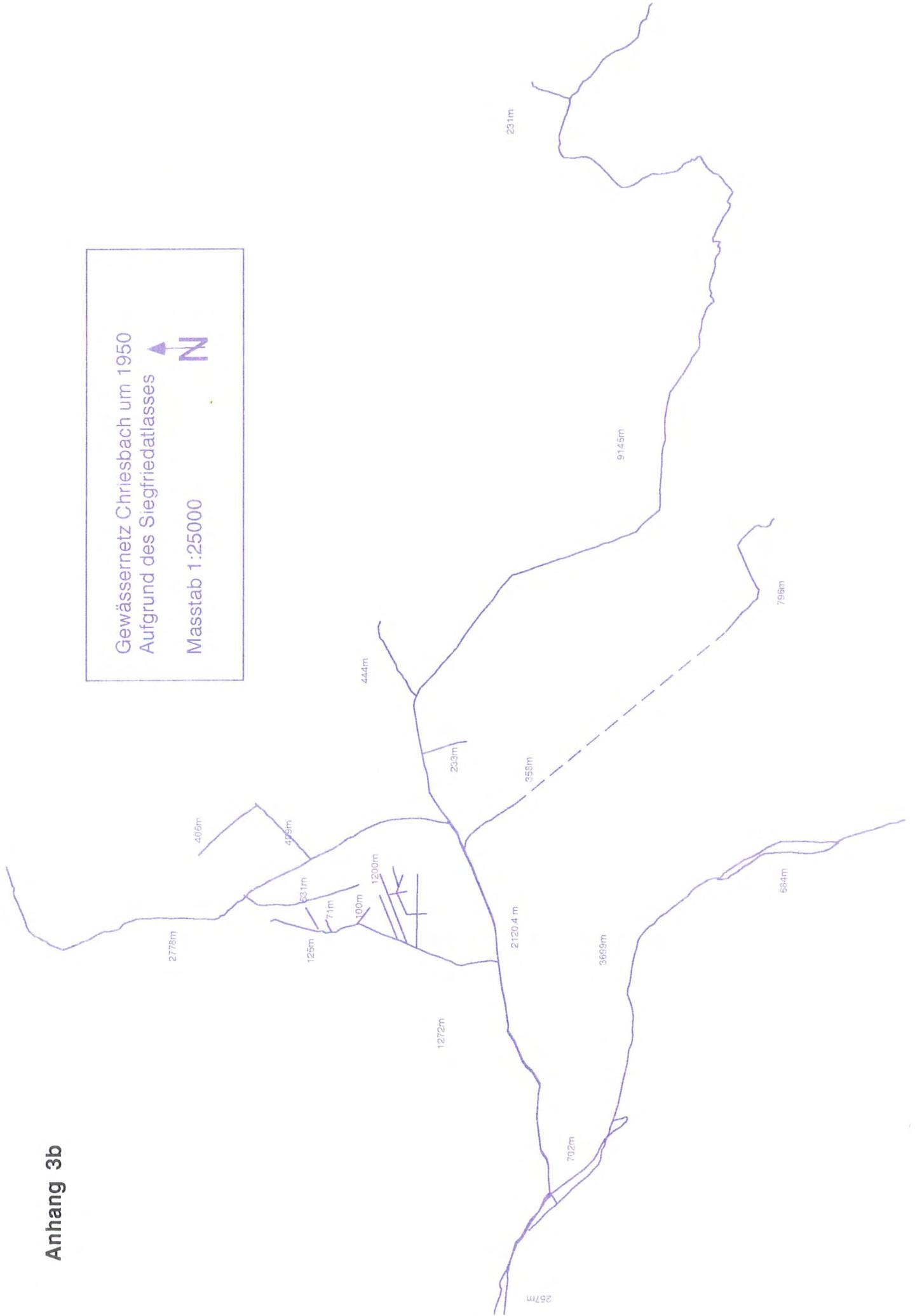
Gewässernetz Chriesbach um 1850  
Auf Grund der Dufourkarte  
(Blatt VIII, & IX)  
1:25 000





# Anhang 3b

Gewässernetz Chriesbach um 1950  
Aufgrund des Siegfriedatlases  
Masstab 1:25000

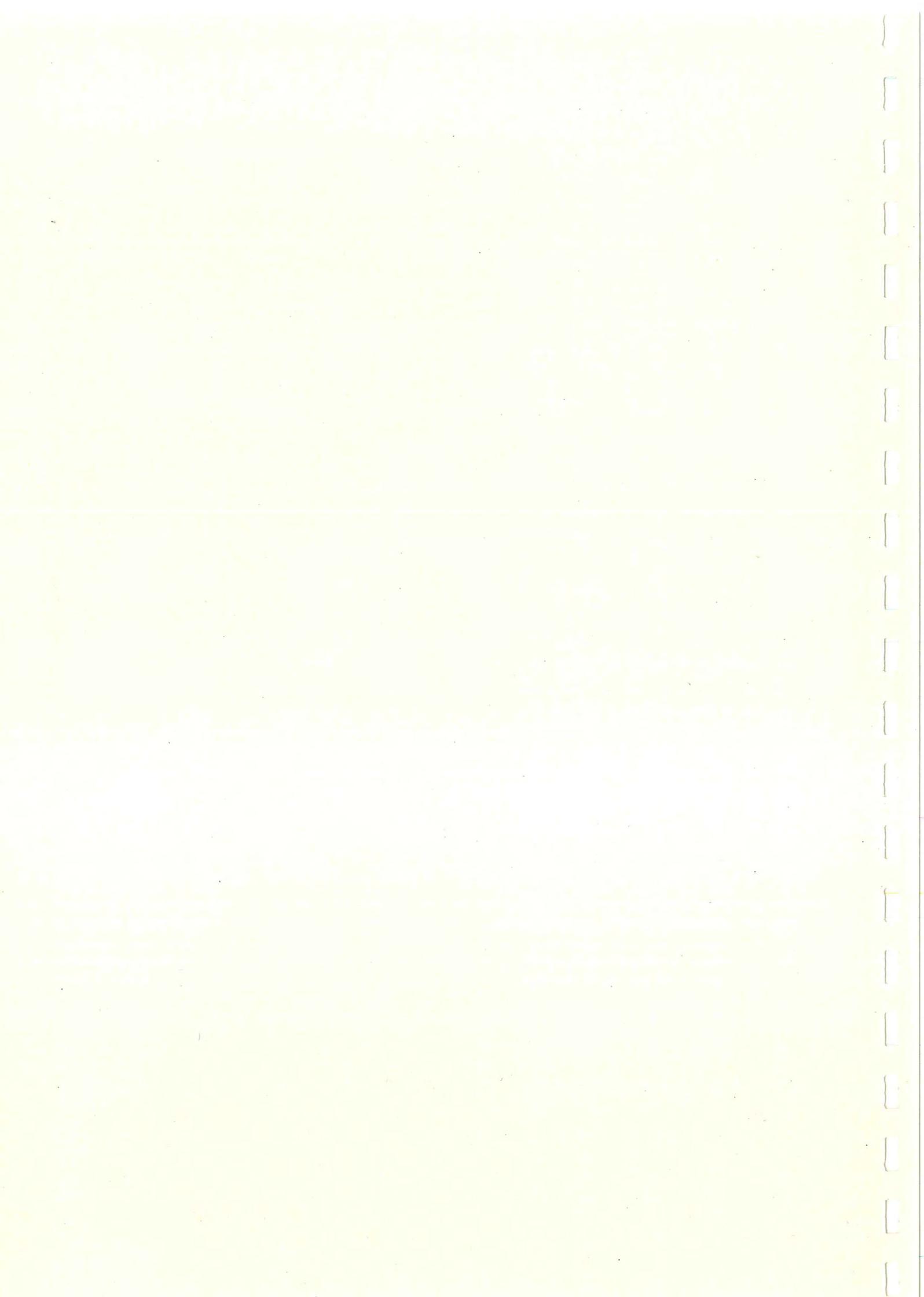




Anhang 3c: Kriesbach bei Eglishölzli, 1914—1915  
Bauarbeiten zur Absenkung und Begradigung des Chriesbachs

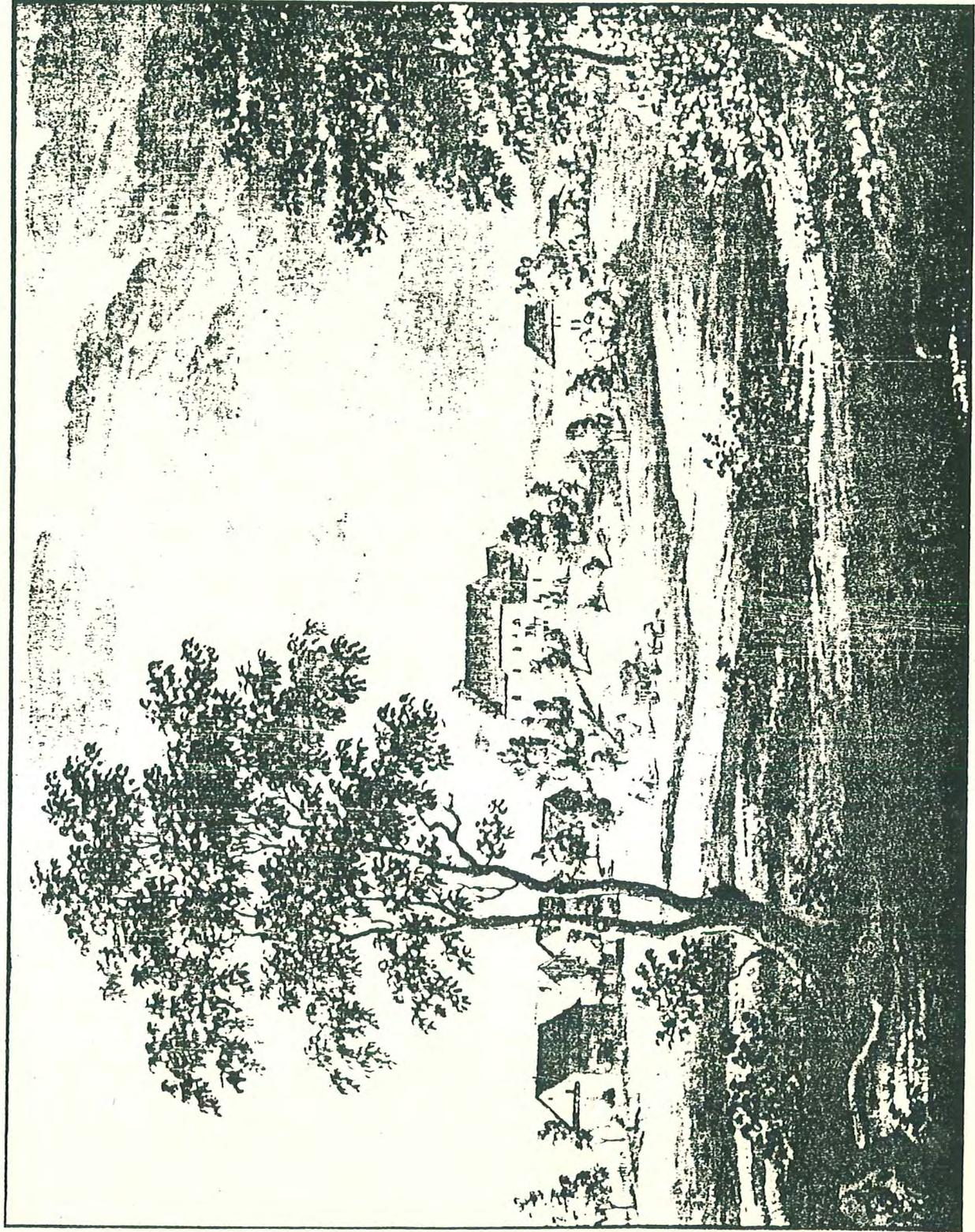


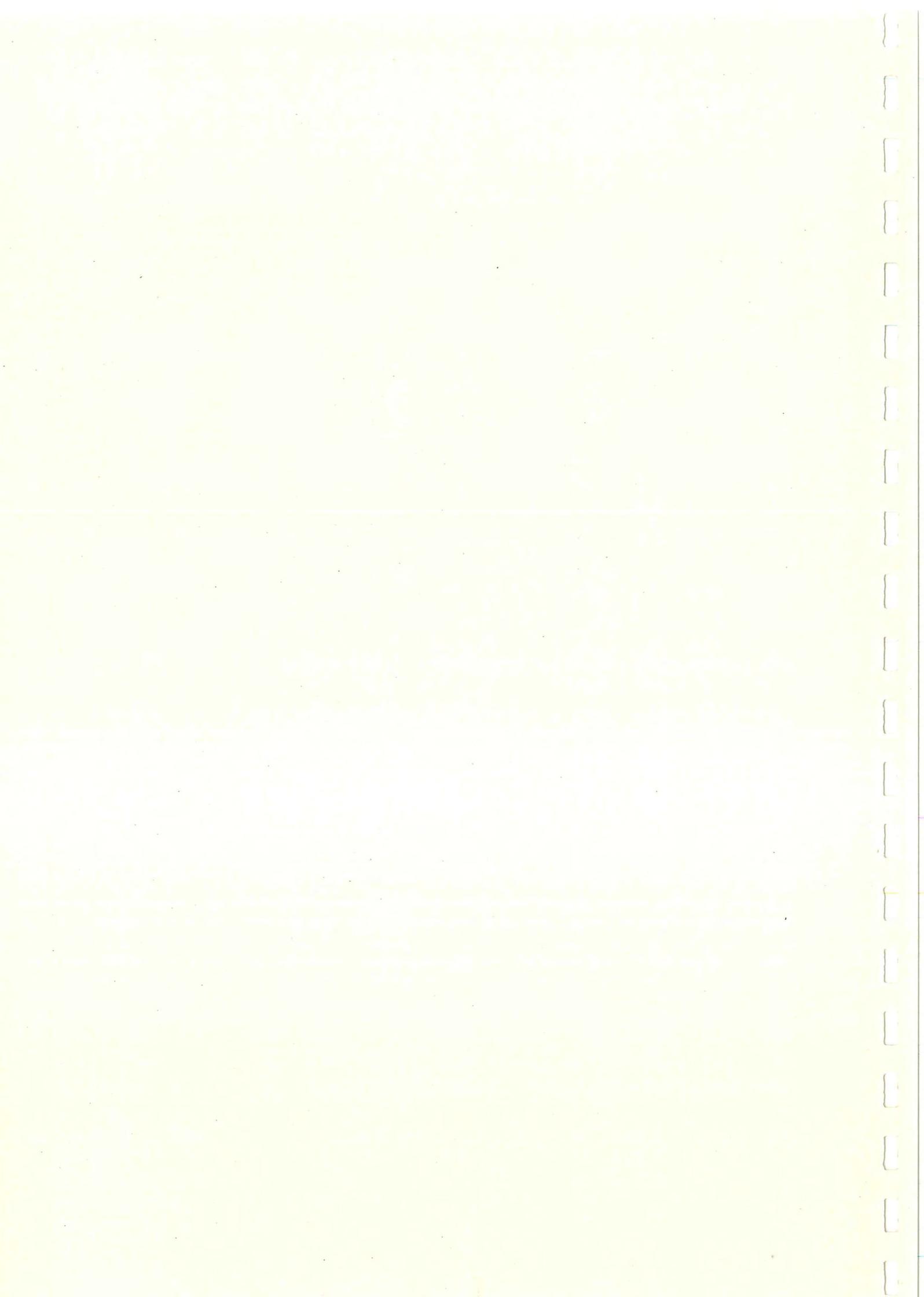
Quelle: Archiv des Verkehrs- und Verschönerungsverein, Düb.



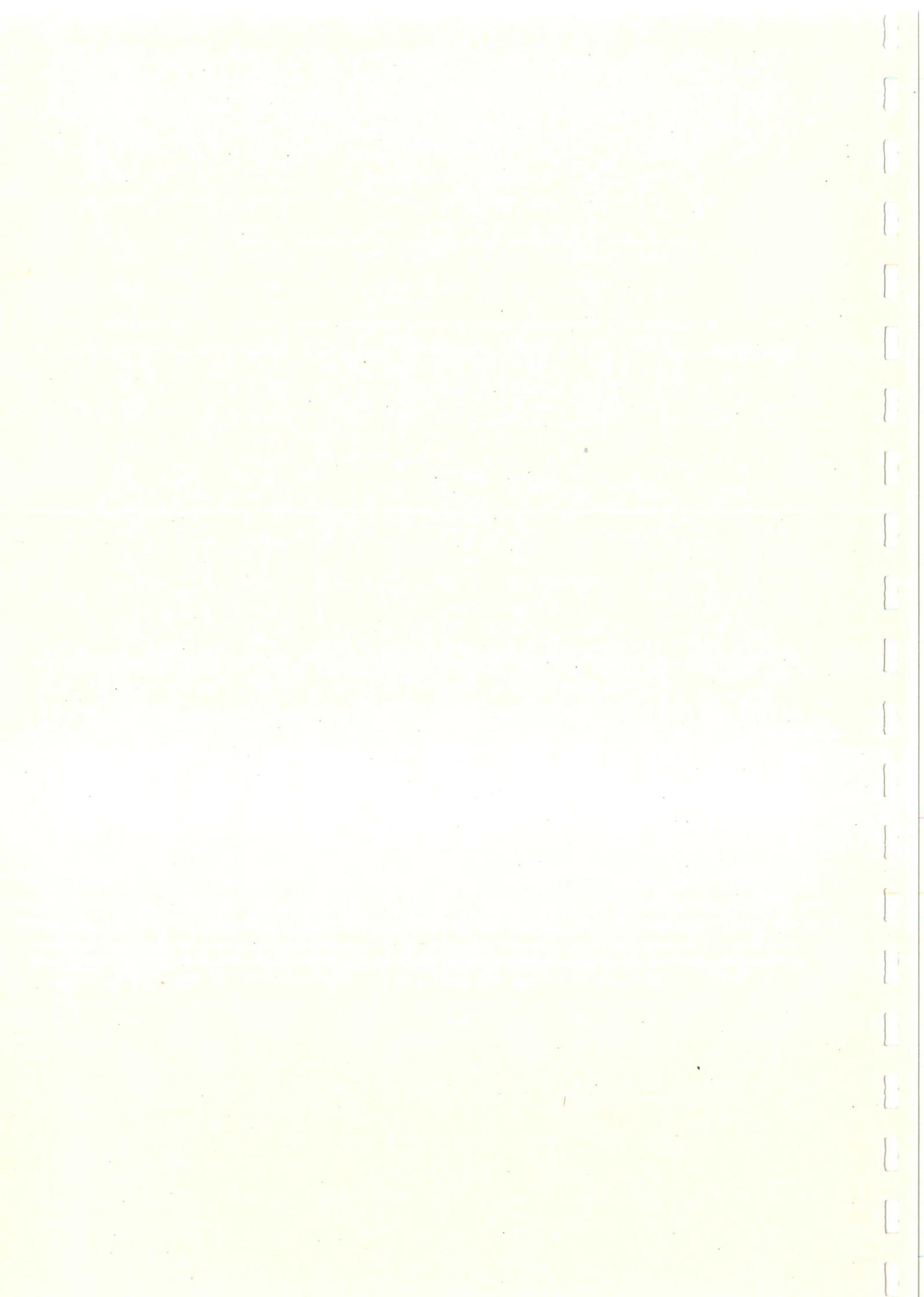
**Anhang 3d: Dübelstein um 1640, mit kleinem Bach im Vordergrund**

*Bleistiftzeichnung von unbekannter Hand. dürfte um ca. 1850 nach einer Vorlage im Skizzenbuch von Conrad Meyer (1618—1698) gezeichnet worden sein.*

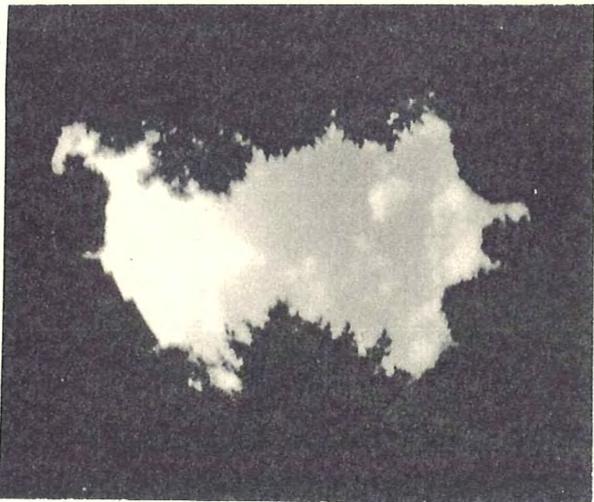








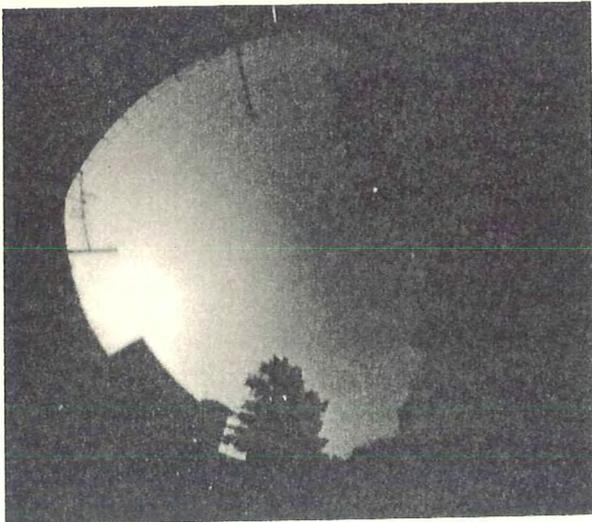
Anhang 5: Beispiele der Fischaugenaufnahmen  
sh. Erläuterungen in Kapitel 3.3.5



Aufnahme B5: 0-W Verlauf (Chriesbach)  
vorwiegend nördliche Beschattung  
Berechnete Jahreseinstrahlung: 81%



Aufnahme B15: stark beschattete Stelle  
Dürrbach Oberlauf  
Jahreseinstrahlung: 18%



Aufnahme B7: 0-W Verlauf (Chriesbach)  
spärliche Beschattung durch Brücke  
Jahreseinstrahlung: 76%



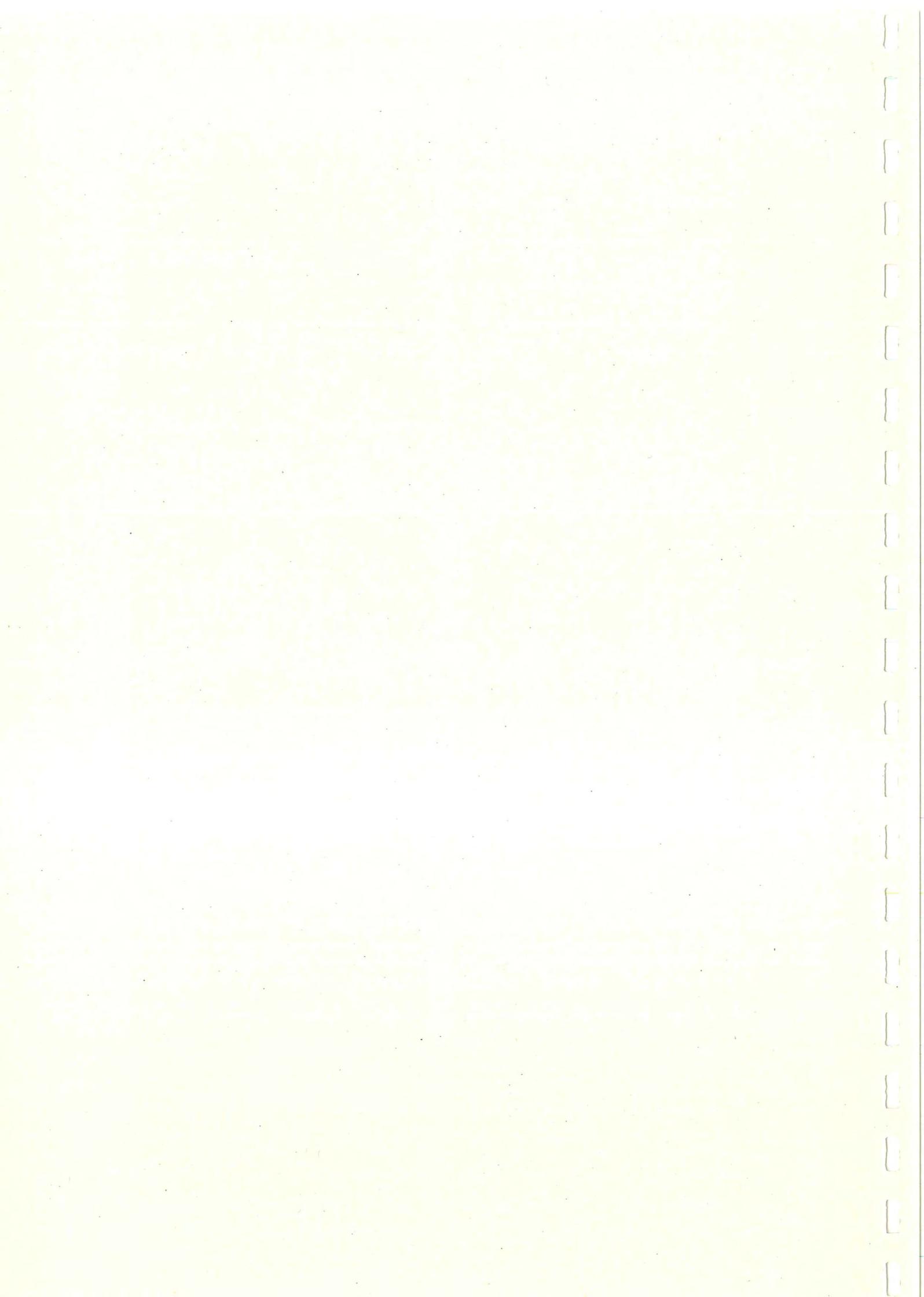
Aufnahme A19:  
Jahreseinstrahlung: 42%



Aufnahme B13: Beschattung vorwiegend  
südlich Jahreseinstrahlung: 39%

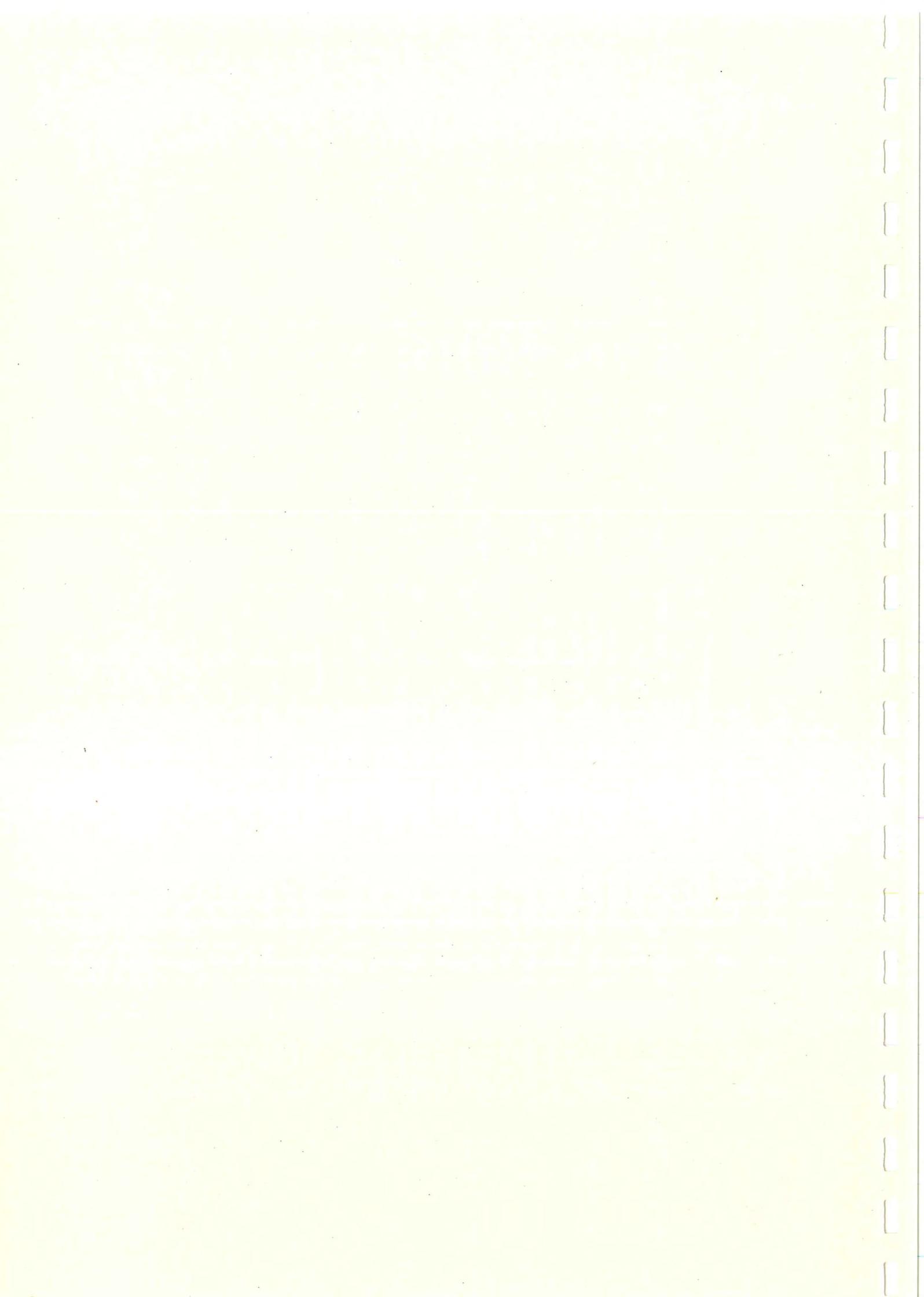


Aufnahme A22: Im Süden nur schwach  
beschattet (Jahreseinstrahlung: 26%



## Anhang 6: Tabellenwerte zur Gewässerzustandskartierung nach WERTH

Strecke (siehe Übersichtskarte)	Linienführung		Sohle		Verzahnung		Böschungen		Gehölze		Durchschnitt	
			linkes Ufer	rechtes Ufer	links	rechts						
I	4	3.5	3	2.5	3	3	3	3	3	3	3.3	3.2
II	4	3.5	3	2.5	3	3	3	3	3	3	3.3	3.2
Brücke Dübendorfstr.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Zufahrtstrasse	4	3	3.5	3	3.5	3.5	2.5	2.5	4	3	3.6	3.1
III	4	3	2.5	2.5	2	2	2	2	3	3	2.9	3
IV	4	3	3	3	2	2	2.5	2.5	3	3	2.8	3.2
Va	4	3	3	3.5	4	4	3.5	3.5	4	3.5	3.7	3.6
Vb	4	3	3	3.5	4	4	3.5	3.5	4	4	3.7	3.7
Vc	4	3	3	3.5	3.5	3	2.5	2.5	4	4	3.1	3.6
Vla	4	3	3.5	3	3.5	3	2.5	2.5	2.5	2.5	3.1	3
Vlb	3.5	2	2.5	3.5	2.5	3	3	3	2.5	2.5	2.7	2.9
Kleine Brücke	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vlc	3.5	3	2.5	3.5	3	3	3	3	2.5	2.5	2.9	3.1
Brücke Neugutstr.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vlla	3.5	3	3	3.5	3	3	2.5	2.5	2	2	2.8	3
Vllb	3.5	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	2.5	2.6	2.8
Durchschnitt Chriesbach	3.81	3.19	3.19	3.22	3	3	3.19	3.06	3.19	3.19	3.25	3.32
Dürrbach	4	3.5	3	3	3	3	3.5	3	3	3	3.4	3.3
Chrebschüsselbach	4	3	2.5	2.5	3.5	3.5	2.5	3.5	2.5	2.5	3.3	2.9
Furtbach	4	4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	3.7	3.8
Brandbach	3.5	2	3.5	2	2.5	2.5	3	1.5	3.5	3.5	2.6	2.8



Anhang 7a: Chemie Analysewerte 11.5. 1993

Probestellen	T	Leitf.	pH Wert	O2	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	DP	PP	PN	TIC	DOC	POC	DN
	[°C]	µS/cm	-log [H+]	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
AIII	14.1	79.8	7.79	10.06	47	65	14.12	203	268	34	120	70.2	4.92	0.56	16280
AI	13.2	78	8.00	12.20	45	90	13.75	166	218	16	89	70.7	4.42	0.52	15530
AI	14	74.5	7.94	12.60	49	82	11.97	135	179	40	132	72.2	3.74	0.70	13250
Ia	14	70.6	7.98	12.98	24	54	10.6	94	129	12	70	69.8	3.16	0.49	12000
Ib	14.0	72.1	7.98	13.37	25	63	11.3	113	117	13	71	69.8	3.58	0.46	12300
Ila	14.1	71.3	8.05	13.57	22	56	10.64	98	146	12	71	72.2	3.37	0.46	12540
Ilb	15.0		6.88	13.81	18	50	10.31	91	126	11	71	71.2	3.37	0.43	11660
III	15.0		8.12	15.85	16	41	10.08	86	111	10	65	71.2	3.58	0.45	11060
IV			8.28	16.51	17	50	9.815	85	111	12	72	71.2	3.29	0.49	10720
V			8.36	16.44	15	48	10.09	81	110	11	69	71.2	3.29	0.43	10530
VI	15.1		8.32	16.73	13	48	9.727	78	107	9	59	71.2	3.16	0.40	10740
VII	15.0		8.40	16.52	14	41	9.459	71	93	1	72	72.7	2.97	0.74	9950

Zuflüsse

Strassenentwässerung	14.1	58.2	8.33	9.31	301	107	5.688	5	6	1	84	37.6	4.13	0.37	6500
Dürrbach II	12.2	61.1	7.60	9.94	15	6	6.964	6	10	4	29	72.2	1.39	0.34	7510
Dürrbach I	12.2	61.5	7.75	11.23	10	10	6.75	7	9	3	26	72.2	1.32	0.20	7020
CS I	11.0	67.5	7.55	10.01	6	2	5.853	9	11	1	14	82.4	2.11	0.09	6050
CS II	12.2	67	7.81	11.16	7	3	5.407	5	6	2	24	81	2.11	0.16	5940
Brandbach	15.4		8.19	9.75	99	110	3.645	36	39	17	76	69.8	3.26	0.59	4150
Furtbach	17		8.64	16.8	13	70	6.77	126	155	20	115	67.2	3.53	0.78	7570

Erklärungen:

A: Altbach

I-VII: Abschnitte des Chriesbachs

CS: Chrebschüsselbach

Strassenentwässerung: Autobahn N1 (Altbach Zulauf)

Siehe Übersichtskarte für die genauen Standorte der Probestellen



Anhang 7b: Chemie Analysewerte 16.6.1993

Probestellen	T	Leitf.	pH Wert	O2	NH4-N	NO2	NO3-N	PO4-P	DP	PP	PN	TIC	DOC	POC	DN
	[°C]	µS/cm	.-log [H+]	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
AIII	14.4	676	7.63	9.54	30	18	10.58	118	147	62	153	66.7	2.98	1.51	10872
AI	13.8	664	7.84	9.24	35	43	8.71	94	116	19	66	72.1	2.53	0.76	9624
AI	14	665	7.88	9.39	32	44	8.91	95	116	45	111	72.1	2.53	1.47	9492
Ia	14	645	7.85	10.71	17	31	7.94	60	72	9	42	72.5	2.00	0.40	8152
Ib	14.3	645	7.93	11.68	16	32	7.86	62	75	8	41	71.7	2.00	0.34	8364
IIa	14.5	637	7.94	11.78	17	34	7.80	59	76	13	49	71.7	2.00	0.50	8364
IIb	14.6	642	8.06	12.60	11	28	7.33	51	63	8	40	73.9	2.05	0.37	7752
III	14.6	644	8.07	13.17	10	29	7.26	52	64	8	41	73.9	2.08	0.38	7464
IV	15.0	636	8.24	14.64	10	29	7.03	52	62	12	72	73.2	2.18	0.70	7776
V	14.8	638	8.22	14.33	13	29	7.24	51	65	7	41	73.2	2.20	0.35	7812
VI	15.2	639	8.02	14.13	11	27	7.13	54	68	7	40	72.5	2.25	0.41	7776
VII	15.3	645	8.24	14.08	11	27	7.12	55	65	7	41	71.7	2.25	0.41	7860

Zuflüsse

Dürrbach	12.8	615	7.75	9.40	12	8	6.34	10	11	3	25	73.9	1.33	0.26	6744
CSI	12.8	664	7.72	9.92	16	2	5.43	7	18	2	23	82.3	2.15	0.32	5688
CSII	13.0	665	7.80	9.45	9	1	5.62	5	6	1	17	84.4	2.00	0.20	6000
Brandbach	14.9	502	8.14	8.49	9	18	3.00	317	336	12	58	55.1	5.93	0.70	3408
Furtbach	16.9	637	8.40	9.93	22	12	5.63	140	160	8	52	71.4	3.13	0.48	5976

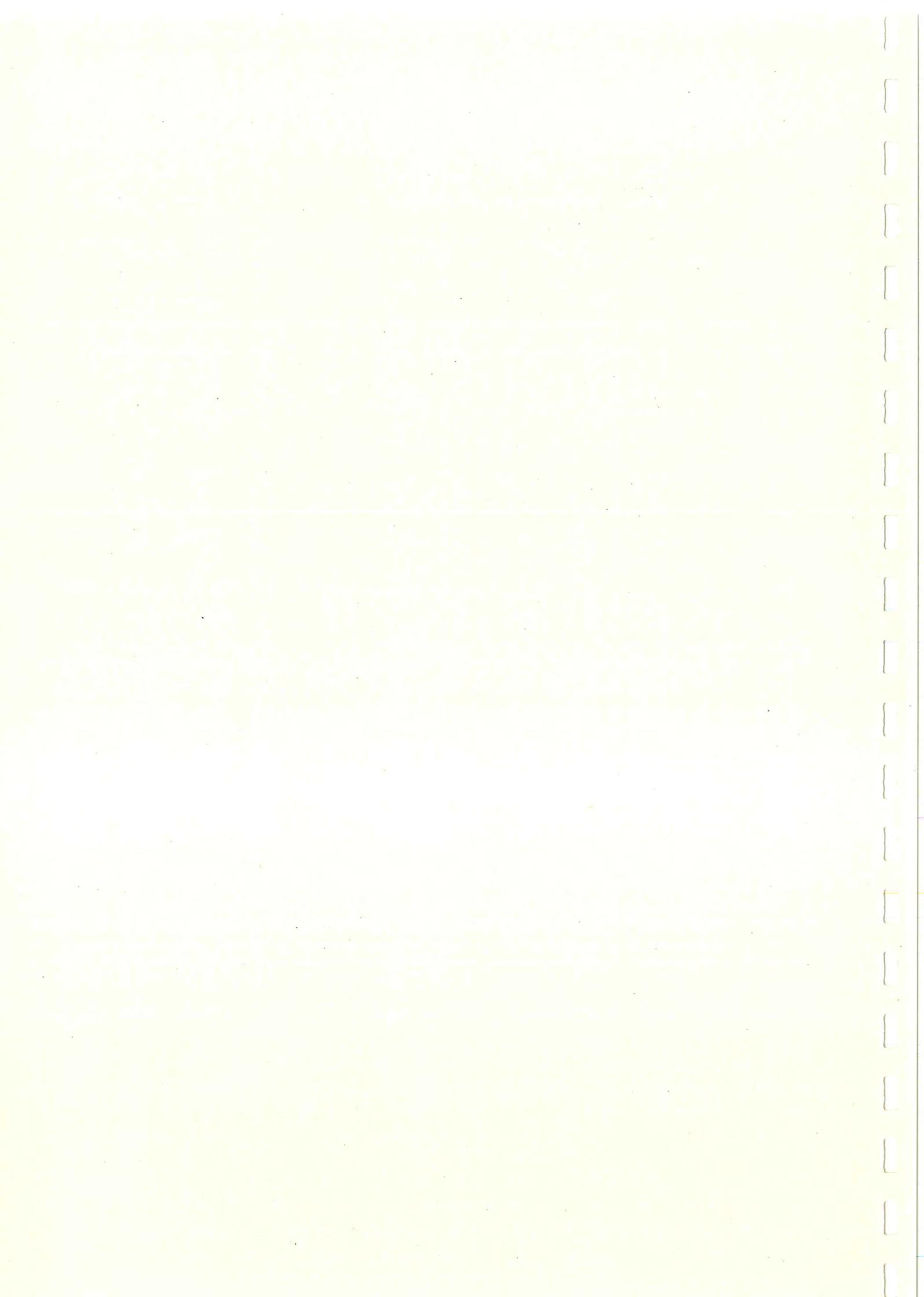
Erklärungen:

A: Altbach

I-VII: Abschnitte des Chriesbachs

CS: Chrebschüsselbach

Für die genauen Standorte der Probestellen siehe Übersichtskarte



Anhang 7c: Chemische Analysewerte 21.7.1993

Probestellen	T	Leitf.	pH Wert	O2	NH4-N	NO2-N	NO3-N	PO4-P	DP	PP	PN	TIC	DOC	POC	DN
	[°C]	µS/cm	-log [H+]	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
AIII	14.4	706	7.75	9.02	30	14	9.26	115	126	22	94	73	3.03	0.95	10228
AII	15.4	706	7.61	9.41	33	16	8.46	93	103	24	95	73.4	3.32	1.28	9468
AI	14	705	7.88	9.46	36	16	8.65	91	107	35	108	74.1	3.32	1.23	9668
Ia	14	672	7.84	9.55	22	11	7.38	48	57	20	67	74.8	3.26	0.82	7996
Ib	14.6	675	7.20	9.76	22	11	7.22	48	56	20	66	75.5	3.21	0.77	8116
Ila	14.6	672	6.70	9.90	18	9	6.87	45	49	18	61	76.6	3.21	0.72	7716
Illb	14.6	674	7.80	10.30	17	9	6.91	46	52	19	66	76.6	3.21	0.82	7684
III	15.0	673	7.80	10.47	16	10	6.74	44	46	20	65	76.6	3.26	0.85	7580
IV	15.4	663	7.90	10.83	17	10	6.77	44	48	20	66	76.6	3.26	0.81	7660
V	15.4	664	7.90	11.03	17	11	6.83	45	50	22	68	75.9	3.26	0.96	7672
VI	15.4	654	7.85	11.25	15	11	6.74	44	50	20	65	75.9	3.26	0.88	7544
VII	15.4	652	7.99	11.59	14	12	6.76	43	50	20	65	75.9	3.34	0.83	7648

Zufüsse

Dürrbach	13.8	685	7.77	9.15	11	4	6.44	10	10	11	68	79.1	2.92	1	7032
CSI	14.2	655	7.50	7.86	8	2	4.87	5	6	12	65	84.8	3.05	1.45	5408
CSII	14.4	658	7.45	8.34	17	3	4.90	5	6	8	39	84.8	3.05	0.51	5460
Brandbach	14.8	508	8.60	9.39	45	16	3.25	10	13	9	44	70.9	5.92	0.62	3884
Furtbach		562	7.99	11.24	12	12	6.33	28	31	10	43	70.2	3.50	0.44	6832

Erklärungen:

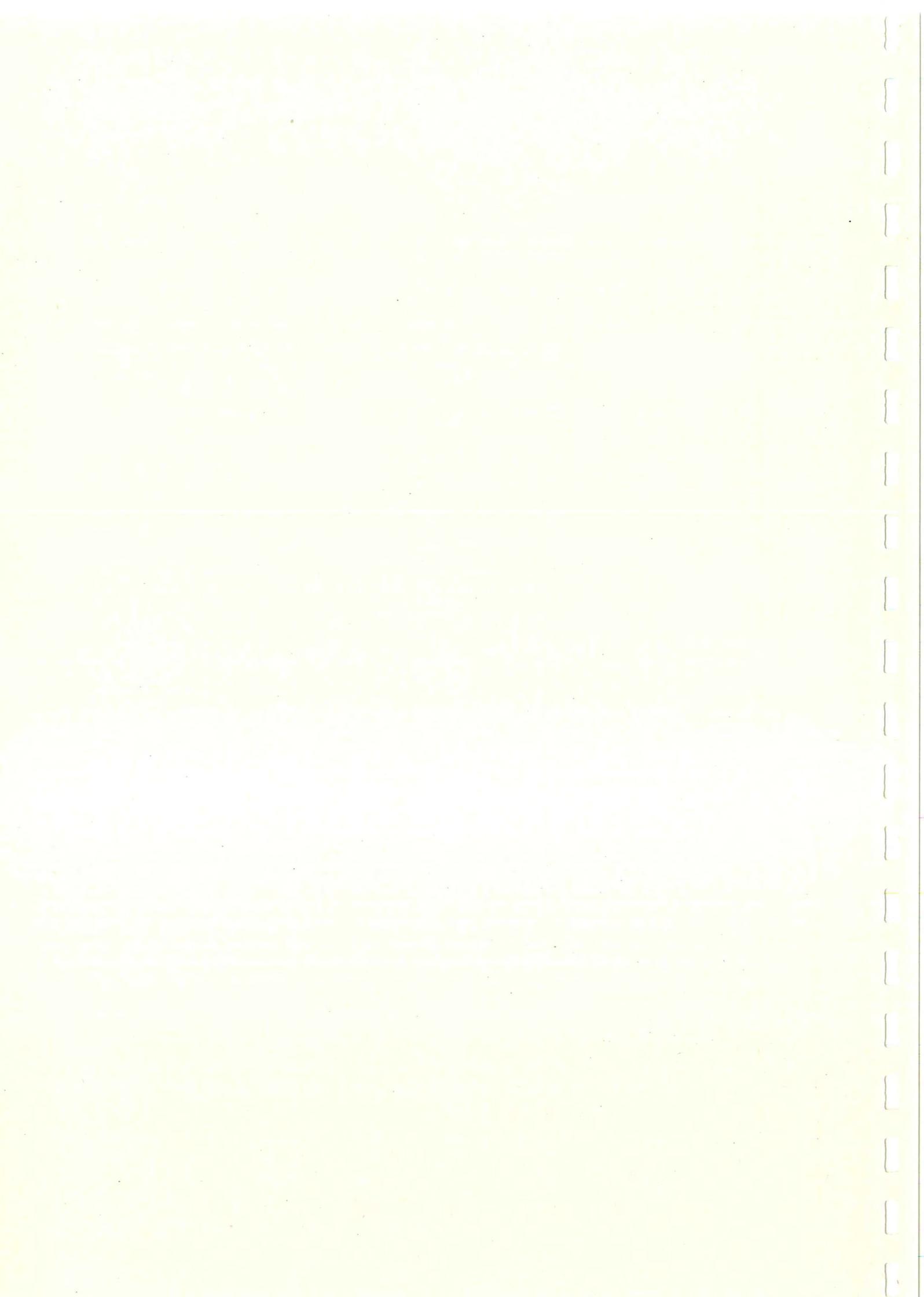
A: Altbach

I-VII: Abschnitte des Chriesbachs

CS: Chrebschüsselbach

Erläuterung zu den Abkürzungen im Kapitel 3

Zur Beschreibung der Probestellen siehe Übersichtskarte



Anhang 7d: Chemie Analysewerte 30.8.1993

Probestellen	T [°C]	Leitf. µS/cm	pH Wert -log [H+]	O2 mg/l	NH4-N µg/l	NO2-N µg/l	NO3-N mg/l	PO4-P µg/l	DP µg/l	PP µg/l	PN µg/l	TIC mg/l	DOC mg/l	POC mg/l	DN µg/l
AIII	14.9	801	7.82	9.23	34	34	12.62	195	218	26	84	75	3.56	0.69	12650
AI	14.2	801	7.88	10.59	30	33	11.87	155	171	22	71	76.9	3.94	0.66	11900
AI	14	799	7.86	10.60	32	34	11.62	146	157	21	67	76.9	3.64	0.62	11655
Ia	14	769	7.82	10.84	24	24	10.05	95	107	14	52	76.9	3.39	0.54	10070
Ib	14.1	764	7.77	11.27	21	22	9.44	84	93	12	43	78.8	3.39	0.41	9460
IIa	14.4	762	7.75	10.94	18	20	9.09	77	86	10	41	79.2	3.39	0.36	9110
IIb	14.4	759	7.85	11.39	15	20	8.86	73	84	9	37	79.2	3.39	0.36	8875
III	14.5	760	7.89	11.76	14	20	8.78	70	81	9	40	79.2	3.39	0.44	8800
IV	15.2	757	7.94	12.22	12	20	8.87	69	79	10	41	79.2	3.39	0.47	8885
V	15.2	756	7.93	12.17	11	20	8.82	68	80	10	41	79.2	3.39	0.45	8835
VI	15.2	756	7.95	12.84	10	19	8.85	68	78	9	38	79.2	3.43	0.41	8870
VII	15.2	754	8.01	12.79	9	18	8.80	66	72	9	38	79.6	3.43	0.35	8820

Zuflüsse

Dürrbach	13.3	711	7.73	10.05	10	4	6.94	6	10	5	26	78.1	2.92	0.39	6945
CS I	14.9	741	7.48	8.53	6	2	5.56	4	5	1	13	88.5	3.09	0.18	5565
CS II	14.9	757	7.37	9.11	9	4	5.35	5	7	2	22	86.9	3.22	0.21	5350
Brandbach	13.2	911	8.12	9.95	19	10	4.08	8	16	4	23	73.1	3.60	0.26	4090
Furtbach	16.5	770	8.16	11.42	6	12	8.20	12	27	5	34	80	3.26	0.26	8210

Erklärungen:

A: Altbach

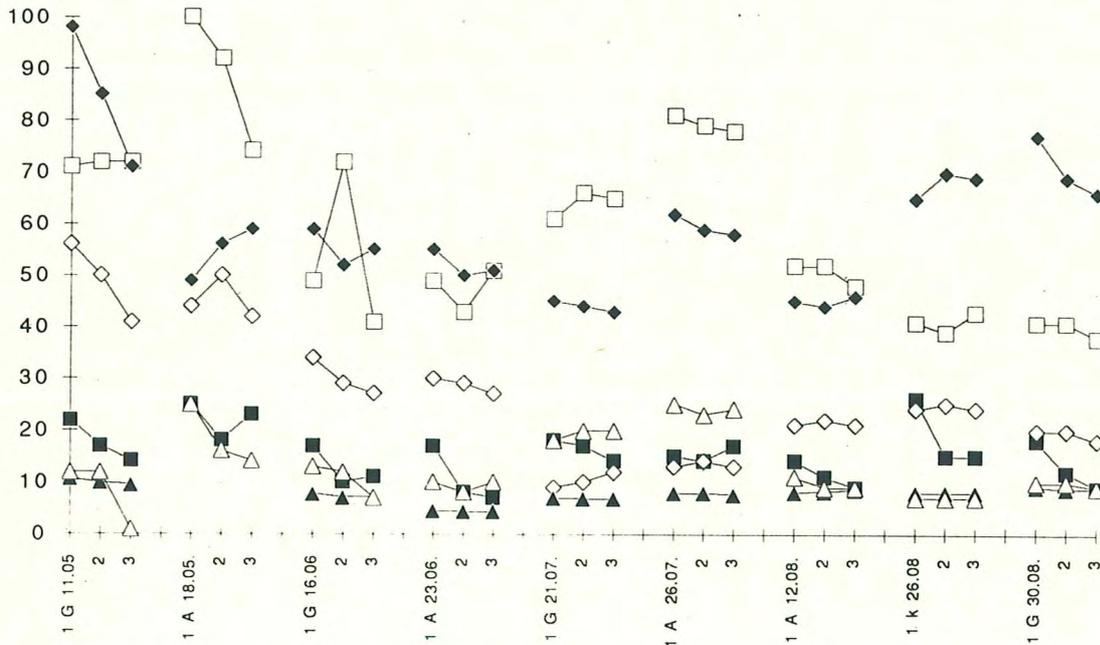
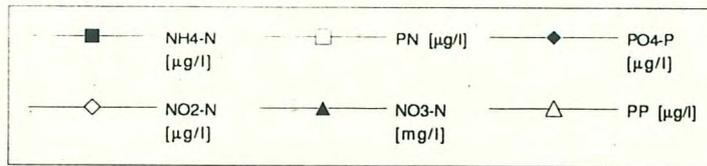
I-VII: Abschnitte des Chriesbachs

CS: Chrebschüsselbach

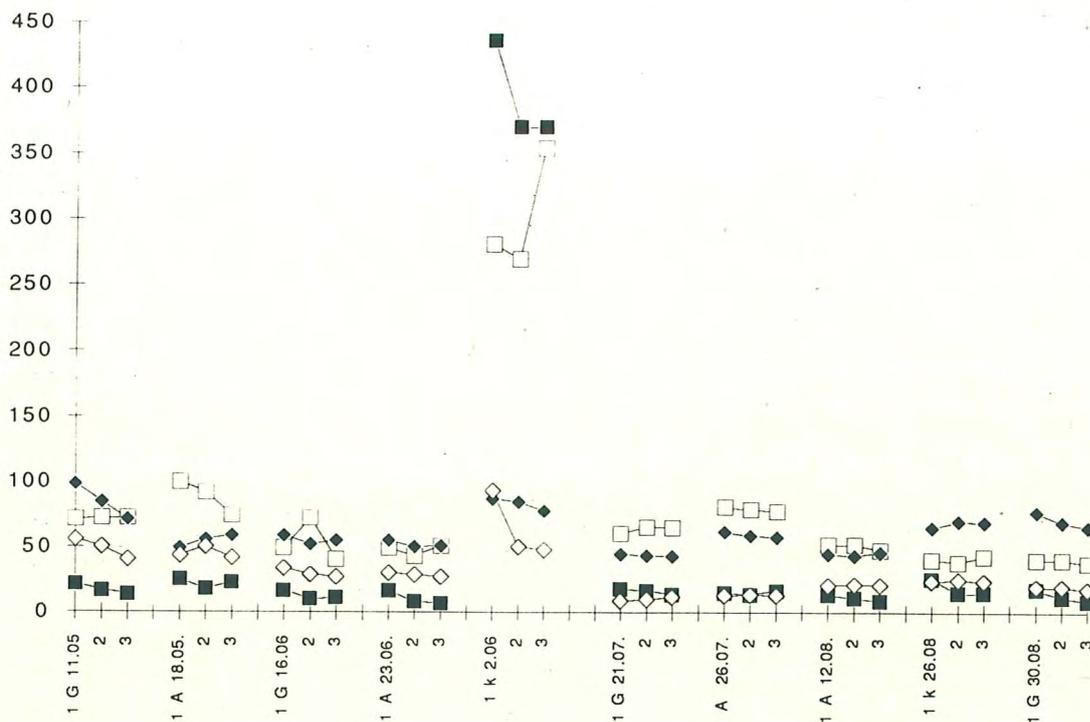
Zur Beschreibung der Probestellen siehe Übersichtskarte



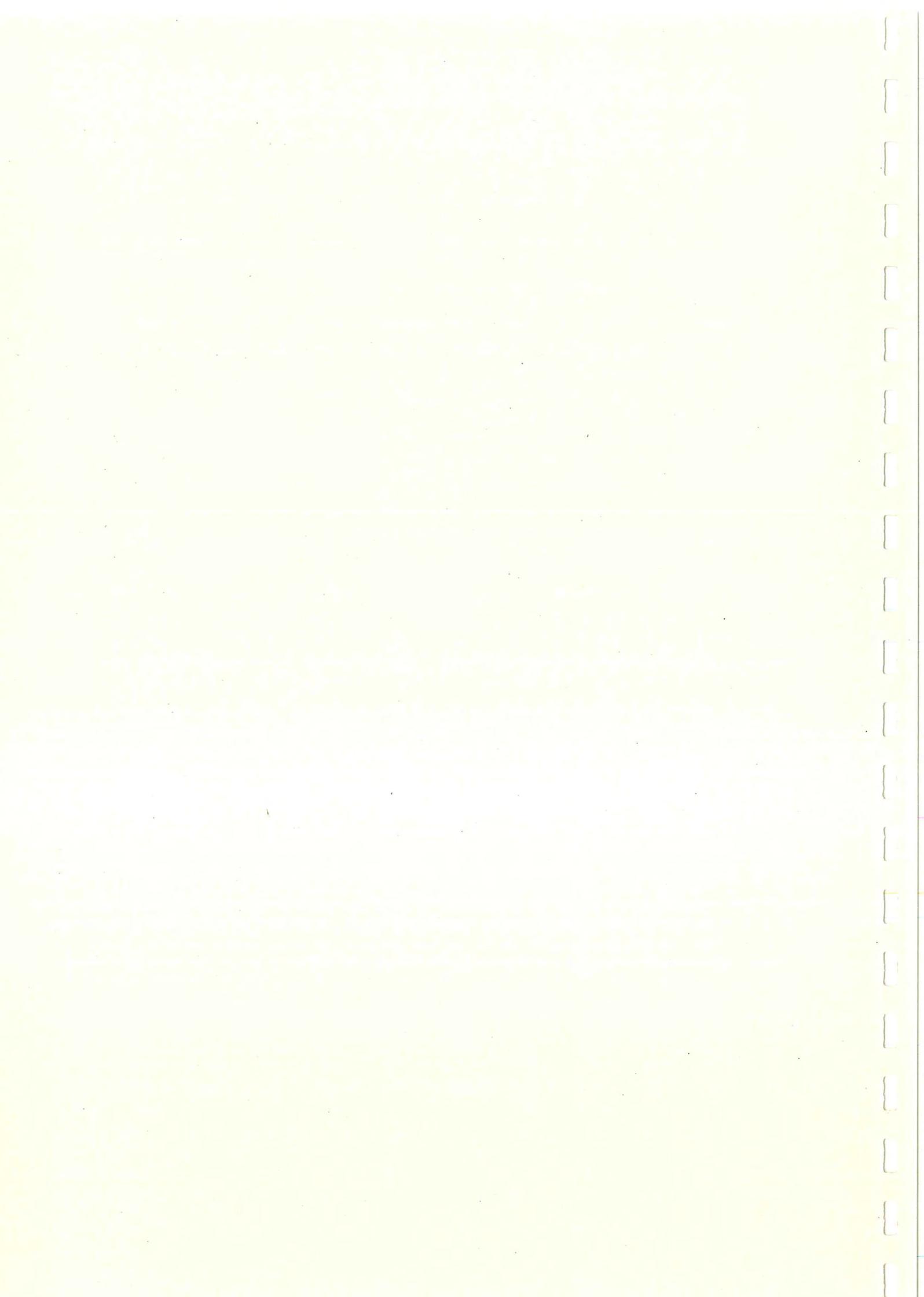
# Anhang 7e: Reduzierte Chemieprobenahmen



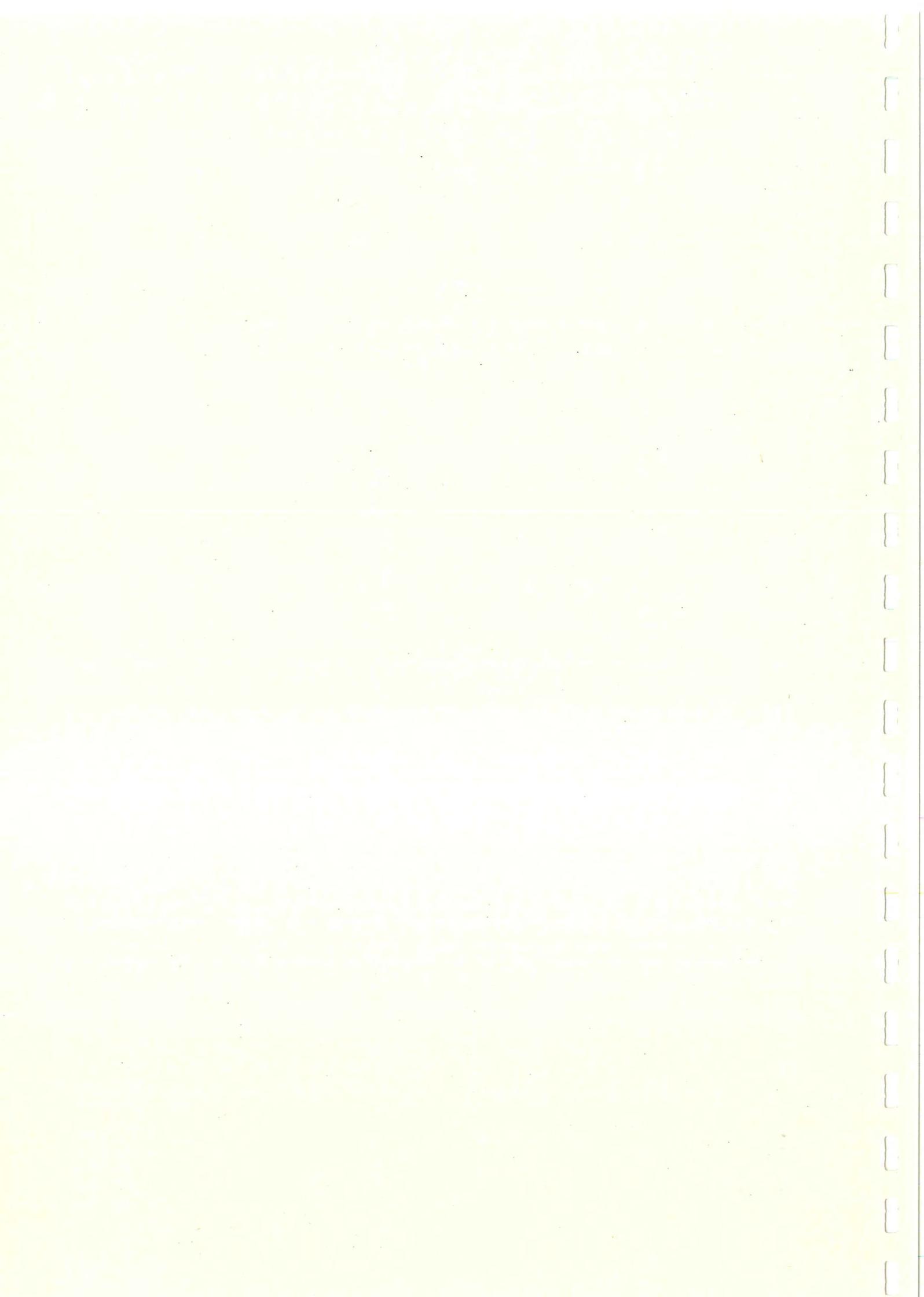
Chemieprobenahmen ohne Hochwasserereignis am 2.6.1993



Chemieprobenahmen mit Hochwasserereignis am 2.6.1993

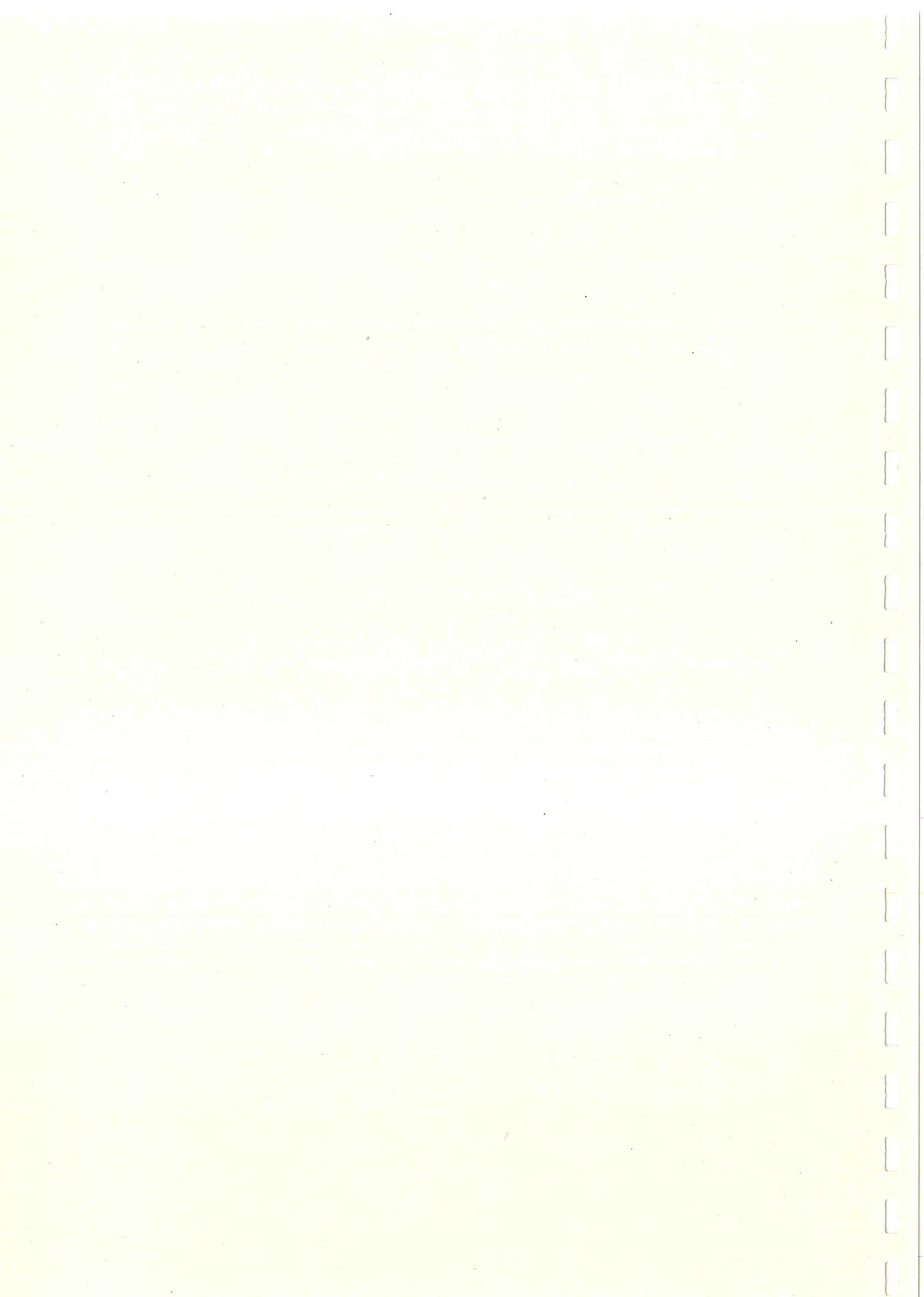






## Anhang 9: Individuenzahlen der Makroinvertebratenaufnahme

Stamm/Klasse	Ordnung	Familie	Gattung	Chriesb. I	Chriesb. V	Dürrb. 1	Dürrb. 2	CSu	Brandb.	Furtbach	Altb. II	Altb. III	ASPT-Wert
<b>MOLLUSCES</b>				32									
Gastropodes	Mesogastropoda	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgos</i> <i>Bythinella</i>	0				9	0	0	0	0	3
				362			4	0	1	0	0	0	3
	Basomatophora	Lymnaeidae	<i>Radix</i>	0	16	1	0	1	10	0	0	0	3
		Ancylidae	<i>Ancylus</i>	2	4	0	0	0	5	0	0	0	6
			<i>Galba</i>	16	0	0	418	16	0	0	0	0	6
		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	4	84	6	1	0	0	0	0	2	3
Bivales	Eulamellibranchiata	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	328	525	1	12	10	0	2	32	0	3
<b>ANNELIDES</b>													
Oligochetes	Oligochetes	Oligochetes		14193	8722	20	27	26	8	42	9	190	249
Achetes	Hirudinea	Piscicolidae	<i>Piscicola</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
		Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia</i>	547	24	0	0	1	2	0	0	0	3
		Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	23	7	1	1	2	0	0	2	17	4
<b>ARTHROPODES</b>													
Arachnida	Acari			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crustaceae	Amphipodes	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	330	105	8	13	4	0	0	22	26	20
	Isopodes	Asellidae	<i>Asellus</i>	100	237	88	0	14	35	71	0	90	3
		Baetidae	<i>Baetis</i>	128	1228	15	0	25	36	1	1	4	4
Insecta	Ephemeroptera	Ephemerellidae	<i>Ephemerellide</i>	40	122	5	3	0	0	25	4	0	4
		Caenidae	<i>Caenis</i>	16	18	0	0	8	0	7	0	0	10
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
				320	64								
	Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemoura</i>	0	0	15	0	0	0	0	0	0	7
	Odonates	Calopterygidae	<i>Agrion</i>	0	12	0	0	0	0	0	0	0	8
		Libellulidae		4	0								8
	Coleoptera	Dytiscidae		26	3	18	0	0	0	1	0	0	5
		Halipidae		12	0								
		Hydrophilidae		2	0								
	Megaloptera	Elmidae	<i>Elmis, larvae</i>	30	17	281	4	8	0	0	0	0	5
		Sialidae	<i>Sialis</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	4
	Trichopteres	Psychomyiidae		0	0	0	0	2	0	0	0	3	8
		Hydropsychidae		4	4	8	3	3	0	1	1	0	5
		Limnephilidae	<i>Limnephilini</i>	6	4	1	0	0	0	6	5	0	7
		Goeridae		0	1								10
		Mollanidae cf.		1	0								10
	Diptera	Psychodidae		16	33	0	0	0	0	0	0	0	0
		Simuliidae		4432	125	0	0	0	0	3	0	0	5
		Chironomidae		21618	14620	102	57	13	74	39	14	29	308
		Ceratopogonidae		200	171	5	28	8	16	34	38	6	56
		Empididae		6	0								
<b>PISCES</b>				1	0								
Total Individuen				42798	26134	592	150	546	191	257	128	359	658

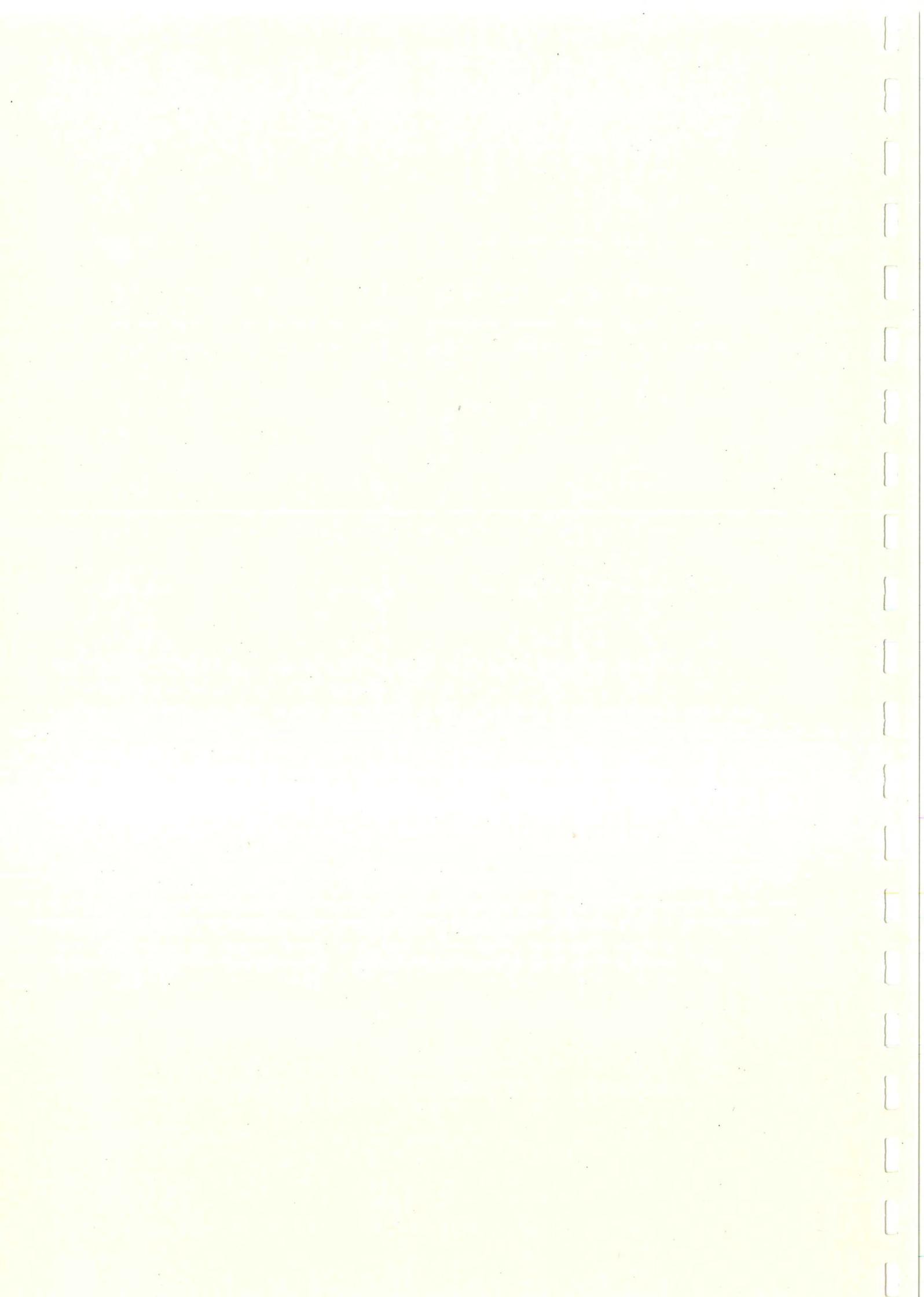


## Anhang 10: Artenlisten der Vegetationsaufnahmen

<i>Biotope, r. Ufer, A</i>	<i>Biotope, l. Ufer, B</i>	<i>Dürrbach II, l. A</i>	<i>Dürrbach I links, B</i>	<i>VII, l. Strauchschicht</i>	<i>Strecke VII, l. Ufer, A</i>
Thyphoides arundinacea	Alopecurus myosuroides	Holcus lanatus	Holcus lanatus	Dactylis glomerata	Deschampsia caespitosa
Holcus lanatus	Phleum pratense	Arrhenatherum elatius	Arrhenatherum elatius	Festuca rubra	Iris germanica
Poa trivialis	Holcus lanatus	Dactylis glomerata	Dactylis glomerata	Quercus petraea	Alnus glutinosa
Bromus erectus	Arrhenatherum elatius	Poa annua	Poa trivialis	Urtica dioeca	Urtica dioeca
Urtica dioeca	Iris pseudacorus	Poa pratensis	Lolium multiflorum	Geum urbanum	Polygonum persicaria
Rumex acetosa	Urtica dioeca	Bromus erectus	Quercus robur	Rubus fruticosus	Ranunculus friesianus
Stellaria aquatica	Cardamine amara	Lolium perenne	Cerastium caespitosum	Geranium robertianum	Cardamine flexuosa
Filipendula ulmaria	Filipendula ulmaria	Silene vulgaris	Ranunculus friesianus	Acer campestre	Cardamine amara
Epilobium hirsutum	Rosa canina	Cerastium caespitosum	Geum urbanum	Epilobium montanum	Filipendula ulmaria
Galeopsis tetrahit	Lotus corniculatus	Ranunculus friesianus	Filipendula ulmaria	Cornus sanguinea	Sorbus aucuparia
Veronica beccabunga	Veronica beccabunga	Filipendula ulmaria	Medicago lupulina	Fraxinus excelsior	Trifolium repens
Galium album		Potentilla anserina	Lotus corniculatus	Glechoma hederaceum	Epilobium montanum
Galium aparine		Trifolium pratense	Vicia sepium	Cirsium arvense	Lysimachia nummularia
Cirsium oleraceum		Hypericum perforatum	Lythrum salicaria	Taraxacum officinale	Pulmonaria obscura
		Lysimachia vulgaris	Cornus sanguinea		Glechoma hederaceum
		Myosotis arvensis	Fraxinus excelsior	<b>Strecke VII, links Ufer, Veronica beccabunga</b>	
		Ajuga reptans	Myosotis arvensis	Deschampsia caespitosa	Cirsium arvense
		Galeopsis tetrahit	Verbena officinalis	Iris germanica	
		Plantago lanceolata	Glechoma hederaceum	Alnus glutinosa	
		Galium album	Veronica persica	Urtica dioeca	
		Galium aparine	Veronica filiformis	Polygonum persicaria	
		Cirsium vulgare	Linaria vulgaris	Ranunculus friesianus	
		Achillea millefolium	Plantago major	Cardamine flexuosa	
			Lonicera xylosteum	Cardamine amara	
			Taraxacum officinale	Filipendula ulmaria	
			Sonchus oleraceus	Sorbus aucuparia	
			Crepis biennis	Trifolium repens	
			Epilobium montanum	Epilobium montanum	
			Lysimachia nummularia	Lysimachia nummularia	
			Pulmonaria obscura	Pulmonaria obscura	
			Glechoma hederaceum	Glechoma hederaceum	
			Veronica beccabunga	Veronica beccabunga	
			Cirsium arvense	Cirsium arvense	

A: Spritzwasserzone

B: Böschung bis an Wegrand

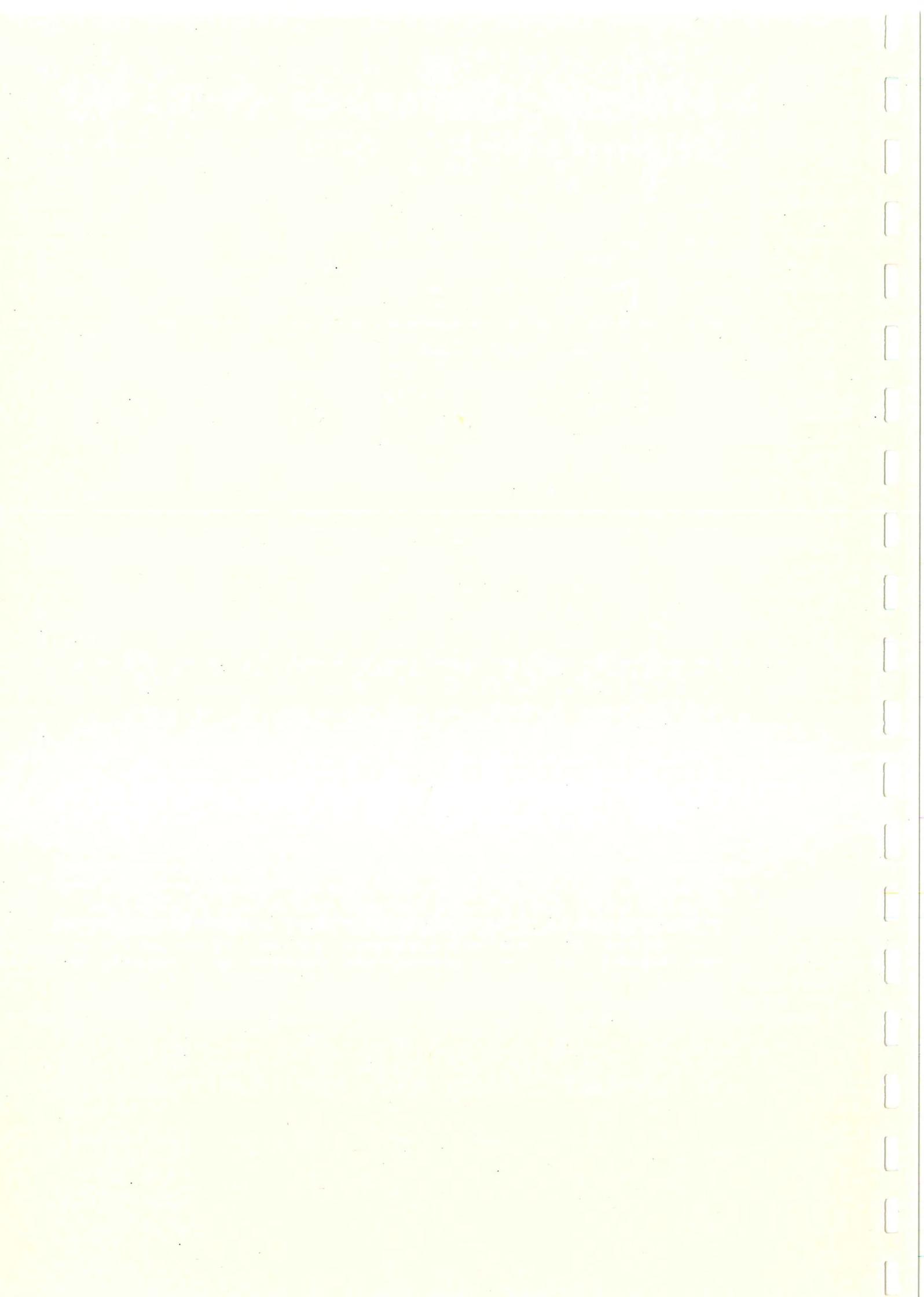


## Anhang 11: Berechnung der Pegelstandsschwankungen

Lineare Regression

												m	r <sup>2</sup>
Anzahl Ereignisse	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992		
1-Tagesspitzen	25	25	19	31	26	16	23	21	21	24	26	-0.10	0.014
2-Tagesspitzen	15	6	13	11	6	7	14	9	6	6	10	-0.35	0.133
3-Tagesspitzen	7	5	10	10	9	5	8	7	10	10	8	0.49	0.08
4-Tagesspitzen	15	13	12	12	11	14	8	16	10	9	12	-0.53	0.155
<b>Mittelwert*</b>													
1-Tagesspitzen	6.9	3.7	4.0	5.9	5.8	5.7	7.8	4.4	7.2	6.8	6.2	<b>0.98</b>	<b>0.15</b>
2-Tagesspitzen	9.3	8.2	8.9	7.9	14.0	6.7	10.5	9.3	4.6	8.6	14.4	0.16	0.019
3-Tagesspitzen	6.6	6.9	14.9	6.5	8.9	10.8	13.0	9.6	16.7	5.2	6.4	0.05	0.004
4-Tagesspitzen	7.0	12.1	8.7	11.3	15.4	19.2	20.3	9.6	13.3	20.1	11.4	<b>0.32</b>	<b>0.2</b>
<b>Median</b>													
1-Tagesspitzen	3.8	3.1	2.1	5.6	3.5	2.1	6.5	3.1	4.2	5.2	2.5	<b>0.28</b>	<b>0.02</b>
2-Tagesspitzen	8.4	5.3	5.0	5.4	15.3	5.7	9.3	7.1	2.2	9.3	13.6	0.20	0.058
3-Tagesspitzen	3.7	5.0	14.3	4.8	8.4	6.7	10.3	6.7	16.0	4.5	5.4	0.10	0.016
4-Tagesspitzen	5.0	10.5	8.0	12.7	13.4	15.7	9.8	5.4	7.9	13.4	10.1	0.16	0.026
<b>Maximum</b>													
1-Tagesspitzen	28.1	11.5	19.0	34.3	36.2	36.4	20.1	11.5	28.3	25.1	20.7	-0.02	0.003
2-Tagesspitzen	20.7	0.0	24.1	23.6	23.7	26.9	24.1	14.4	24.3	16.5	13.2	0.02	0.002
3-Tagesspitzen	17.5	16.8	34.2	15.7	18.9	29.6	35.9	35.2	44.8	11.3	13.4	0.04	0.014
4-Tagesspitzen	30.7	33.8	20.2	31.7	51.4	62.2	55.0	37.4	46.8	55.0	45.1	<b>0.15</b>	<b>0.35</b>
<b>Minimum</b>													
1-Tagesspitzen	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2	0.8	0.4	0.2	0.4	0.2	-1.63	0.007
2-Tagesspitzen	0.2	0.0	2.0	0.7	0.8	0.5	0.8	0.5	3.5	3.6	0.4	1.20	0.212
3-Tagesspitzen	1.9	0.7	0.0	0.7	0.8	2.8	3.6	0.2	0.9	1.0	0.8	0.02	3E-05
4-Tagesspitzen	0.0	4.4	0.9	0.2	0.1	1.9	5.8	1.2	1.4	2.4	1.3	0.23	0.016
<b>Mittel ohne Maximum</b>													
1-Tagesspitzen	6.0	3.4	3.2	4.9	4.6	3.6	7.2	4.0	6.1	6.0	5.6	1.04	0.171
2-Tagesspitzen	8.5	9.8	7.7	6.3	12.1	3.3	9.5	8.7	0.6	7.0	14.5	0.00	9E-06
3-Tagesspitzen	4.8	4.4	12.7	5.5	7.6	6.1	9.8	5.4	13.5	4.5	5.4	0.07	0.005
4-Tagesspitzen	5.3	10.3	7.7	9.4	11.8	15.9	15.3	7.7	9.5	15.7	8.3	<b>0.33</b>	<b>0.13</b>
<b>Anzahl*Mittel</b>													
1-Tagesspitzen	171.4	93.2	76.6	181.5	152.0	90.5	179.2	92.2	150.9	163.5	159.9	0.02	0.018
2-Tagesspitzen	139.2	49.2	116.2	87.0	84.2	46.6	147.5	84.1	27.4	51.4	143.5	-0.01	-0.01
3-Tagesspitzen	46.2	34.4	148.7	65.2	79.8	53.8	104.2	67.4	166.7	51.7	50.9	0.01	0.009
4-Tagesspitzen	104.6	157.1	104.5	135.5	169.4	268.9	162.3	153.6	132.7	180.6	136.5	0.02	0.018

\* Die Höhe der Pegelschwankung wurde definiert als die Differenz zwischen dem höchsten und letzter der abklingenden Pegelkurve (sh. auch Kapitel 3.2, S. 17)



# Anhang 12: Abflussmessungen mit Querprofilen

