Bestand und Ökologie der Heptageniidae (Ephemeroptera) in Fließgewässern des indischen Himalaya (Nord-West Indien)

Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde,
vorgelegt
der Fakultät für Biologie
der
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

vorgelegt von
Angelika Stauder
im April 2000

Dekan:	Prof. Dr. H. Kleinig
Leiter der Arbeit:	Prof. Dr. J. Schwoerbel
Referent:	Prof. Dr. J. Schwoerbel
Korreferent:	Prof. Dr. J. Müller

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 6

2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes und der untersuchten Gewässer 8
2.1 Das Untersuchungsgebiet 8
2.2 Der Kunoibach 12
2.3 Der Naggarbach 14
2.4 Der Nishallahbach 16
2.5 Der Raogibach 17
2.6 Der Solangbach 17
2.7 Der Karolbach 18

3. Material und Methoden 20
3.1 Sammelmethoden der Makroinvertebraten 20
3.2 Haltung der Ephemeropterenlarven und phoretisch lebender Simuliiden 21
3.3 Aufzucht von Ephemeropteralarven und phoretisch lebenden Simuliiden 22
3.4 Die Emergenzhäuser 24
3.5 Statistische Auswertungen 26
3.6 Bestimmung physikalischer, klimatischer und chemischer Parameter 27
3.7 Diskussion der Methoden 29

4. Ergebnisse der physikalischen, klimatischen und chemischen Messungen 31
4.1 Physikalische Messungen 31
4.1.1 Temperatur 31
4.1.2 Leitfähigkeit 31
4.1.3 Niederschlag 34
4.2 Chemische Ergebnisse 35
4.3 Einfluss von Spritzmitteln 37

5. Die Heptageniidae im Kullutal 38
5.1 Vorbemerkung 38
5.2 Kurzer Abriss der taxonomischen und nomenklatorischen Situation 38
5.2.1 *Afghanurus* DEMOULIN, 1964 38
5.2.2. *Electrogena* ZURWERRA & TOMKA, 1985 39
5.2.3 *Epeorus* EATON, 1881 39
5.2.4 *Iron* EATON, 1883 39
5.2.5 *Rhithrogena* EATON, 1881 40
5.3 Schlüssel zur Bestimmung der Larven der Heptageniidae im Kullutal 41
5.4 Die Ökologie der Heptageniidae im Kullutal 42
5.4.1 *Afghanurus vicinus* DEMOULIN, 1964 42
5.4.2 *Electrogena eatoni* (KIMMINS, 1937) comb. nov., transf.v. *Ecdyonurus* 44
5.4.3 *Epeorus bispinosus* BRAASCH, 1980 47
5.4.4. *Iron martensi* BRAASCH, 1981 50
5.4.5. *Iron psi* (EATON, 1885) 53

5.4.6. *Iron nigripilosus* SINITSHENKOVA, 1976 55
5.4.7. *Iron sinespinosus* BRAASCH, 1978 57
5.4.8. *Iron cf. montanus* BRODSKY, 1930 58
5.4.9. *Rhithrogena tianshanica* BRODSKY, 1930 59
5.4.10 *Rhithrogena sp. 1.* 61

6. Die Emergenz der Ephemeropta 62
6.1 Emergenz der Ephemeroptera im Naggarbach von Juli 1996 bis Dezember 1997 . 62
6.2 Emergenz der Ephemeroptera im Nishallahbach von Juli 1996 bis Dezember 1997 64
6.3 Emergenz von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* im Naggarbach 66
6.3.1 Geschlechterverhältnis von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* 68
6.4 Einfluss abiotischer Faktoren auf die Emergenz 69

7. Diskussion der Dynamik und Emergenz der Ephemeroptera 72
7.1 Saisonale Dynamik der Ephemeropterenlarven 72
7.2 Verlauf der Emergenz 79

8. Die Biozönosen der Larven der Heptageniidae in den Untersuchungsgewässern ... 80
8.1 Diversität der Gewässer und Dominanzstruktur der Biozönosen 80
8.2 Ähnlichkeiten der Biozönosen 85
8.3 Diskussion 87

9. Auf Ephemeropteren phoretisch lebende Simuliiden 89
9.1 Vorbemerkung 89
9.2 Phoretisch lebende Simuliiden im Kullutal 90
9.2.1 *Simulium ephemerophilum* RUBTSOV, 1947 91
9.2.2 *Simulium rashidi* LEWIS, 1973 91
9.3 Untersuchungen zur Phoresie von *Simulium rashidi* auf *Epeorus bispinosus* 93
9.3.1 Spezifität des Trägers 93
9.3.2 Aufsuchen des Trägers 94
9.3.3 Spezifität des Anheftungsplatzes 94
9.3.4 Morphologische Modifikationen und phänologische Besonderheiten 95
9.3.5 Einfluss auf die Entwicklung der Ephemeropterenlarve 96
9.4 Diskussion 96

10. Zusammenfassung 100

11. Literaturverzeichnis 103

12. Anhang - Tabellen und Abbildungen 110
12.1 Vorbemerkung 110
12.2 Physikalische Messungen 1995 - 1997 111
12.3 Aufzuchten von Heptageniidenlarven 1995 - 1997 124
12.4 Aufzuchten von Subimagines 1996-197 128
12.5 Heptageniidenlarven in den Untersuchungsgewässern 1995 - 1997 131
12.6 Emergenz der Ephemeroptera im Naggarbach 1996 - 1997 141

12.7 Emergenz der Ephemeroptera im Nishallahbach 1996 - 1997 151
12.8 Prozentualer Anteil der Heptageniidenlarven in den Untersuchungsgewässern 1997..... 160
12.9 Berechung der Distanzen nach SINCLAIR..... 162
12.10 Liste der Abbildungen und Tabellen..... 163

Danksagung 165

1. Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Zusammensetzung der Heptageniidenbesiedlung zu untersuchen und erste Erkenntnisse über die Ökologie der Heptageniiden in Fließgewässern im indischen Himalaya zu gewinnen.

Dabei stand die Frage im Mittelpunkt, ob die Entwicklung der Heptageniidae, die ohne Zweifel palaearktische und nearktische Faunenelemente sind, wie in den gemäßigten Breiten verläuft (herkunftsgemäß) oder gibt es Unterschiede in den Entwicklungszyklen, die auf geographische und klimatische Besonderheiten zurückzuführen sind.

Von den Ephemeropteren der gemäßigten Zonen der Holarktis ist bekannt, dass die Junglarven aus den Eiern in zeitlich versetzten Abständen schlüpfen. Dadurch liegen innerhalb einer Generation mehrere Gruppen gleichaltriger Larven (Kohorten) vor. Während der Larvalentwicklung passt sich die Entwicklung der verschieden alten Kohorten immer mehr an und bis zum Erreichen des Nymphenstadiums sind die Larven auf dem gleichen Entwicklungsstand. Die Emergenz der Subimagines findet dann zeitlich synchron in einem eng begrenzten Zeitraum statt. Die Entwicklung der Nymphen ist temperaturabhängig und abhängig von der geographischen Breite findet die Emergenz früher oder später im Jahr statt. In der Regel liegt bei den Heptageniiden ein univoltiner Winterzyklus vor, d.h. die Larvalentwicklung findet im Winter statt und im Frühjahr oder Frühsommer schlüpfen die Imagines (CLIFFORD 1982; EDMUNDS et al., 1979, 1996; ILLIES, 1971, 1978; LANDA, 1968; STUDEMANN et al., 1992; SWEENEY, 1984; WARD, 1992).

Aufgrund der geographischen Breite und der Höhe von über 1600 m ü.N.N. der untersuchten Gewässer wäre zu erwarten, dass die Heptageniiden im Kullutal einen Entwicklungszyklus wie die palaearktischen Arten aufweisen. Allerdings unterscheiden sich die ökologischen, klimatischen Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes, das direkt nördlich an die subtropische Zone anschließt, von denen in Mitteleuropa. Mai und Juni sind die Sommermonate mit Höchsttemperaturen von 40 °C und von Ende Juni bis Anfang September liegt eine ”fünfte Jahreszeit” vor, der Monsun. In dieser Zeit liegen die Temperaturen durchschnittlich bei 26 °C und es fallen 70% des jährlichen Niederschlags von insgesamt 1230 mm (SINGH, 1989).

Ökologische Studien über Fließgewässer im indischen Himalaya sind nur wenige durchgeführt worden und die taxonomische Auswertung erfolgte meist auf Gattungs- oder Ordnungsniveau und bleibt daher von begrenzter Aussagekraft (AO et al., 1984; BHATT et al., 1984; CHOWDHARY, 1984; GUPTA, 1993; GUPTA et al., 1992; ROY et al. 1982; SHARMA, 1984, 1986; SINGH, 1960; SINGH et al.; 1990; SRIVASTAVA, 1983a, 1983b). Auch in Arbeiten aus dem Himalaya in Nepal (BREWIN et al., 1995, ORMEROD et al., 1994) und Kaschmir (DUBEY et al., 1971) wurde das Makrozoobenthos nicht bis auf die Art bestimmt, was jedoch für eine eindeutige ökologische Charakterisierung notwendig ist. Eine Ausnahme bildet die Arbeit von SHARMA (1996), der die Larven der Ephemeropteren in Nepal hinsichtlich ihrer Stellung im Saprobiensystem untersuchte. Auch im Tien Shan (BRODSKY, 1930, 1980) und in Sri Lanka (HUBBARD et al., 1984) wurden Arbeiten durchgeführt, die die Ökologie einzelner Arten berücksichtigen.

Von Ephemeropteren lagen aus der Himalaya-Region bisher nur faunistische Einzelfunde vor (ALI, 1967, 1970, 1971; BRAASCH, 1980a, 1980b, 1980c, 1980d, 1981a, 1981b, 1981c, 1984a, 1984b, 1986a, 1986b; BRAASCH et al. 1979, 1980, 1982, 1987;

DEMOULIN, 1954, 1964; DUBEY, 1970a, 1970b, 1971; HAFIZ, 1937; HUBBARD, 1985; HUBBARD et al., 1978; KAPUR et al., 1961; KIMMINS 1937, 1947, 1960; ULMER, 1940).

Über saisonale Dynamik und Emergenz der Ephemeropteren im Himalaya lagen bisher noch keine Angaben vor. Um dieses Forschungsdefizit zu beheben, wurden im Kullutal 2 Emergenzhäuser errichtet. Diese ermöglichen eine quantitative Aufnahme der Ephemeropterenimagines und zusammen mit den Auswertungen der Routine-Benthosproben können so erste Aussagen über die jahreszeitliche Dynamik und Phänologie der Heptageniidenarten getroffen werden.

Um verlässliche ökologische Aussagen über die Heptageniidenbesiedlung im Untersuchungsgebiet treffen zu können, war zunächst eine genaue taxonomische Zuordnung der gefundenen Heptageniiden auf Artniveau notwendig. Deswegen wurden von allen vorgefundenen Larventaxa Aufzuchten durchgeführt, so dass jetzt sämtliche Stadien jeder Art vorliegen. Erst damit ist eine Zuordnung von Heptageniidenlarven zu den entsprechenden Imagines in dieser Region möglich.

Bei den Untersuchungen im Kullutal stand zunächst nur ein Bach im Mittelpunkt, weitere Gewässer im Tal wurden stichprobenartig untersucht. Im Verlauf der Arbeit wurden die Routineprobennahmen auf weitere vier Gewässer ausgedehnt. Zum einen, um umfassendere Aussagen über die Ökologie der Heptageniidae im Kullutal machen zu können, denn die untersuchten Gewässer bilden einen repräsentativen Querschnitt der für das Kullutal typischen Bäche. Zum anderen, um spezielle, interessante Befunde genauer zu untersuchen, die sich bei den Stichproben in anderen Gewässern ergaben. So wurde der Raogibach in das Untersuchungsprogramm aufgenommen, um das Phänomen der auf Ephemeropteren phoretisch lebenden Simuliiden zu untersuchen. Diese Assoziation zwischen Simuliiden und Ephemeropteren trat dort gehäuft auf und es konnte hierzu im Rahmen dieser Arbeit einige interessante Beobachtungen gemacht werden.

2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes und der untersuchten Gewässer

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Das Kullutal liegt etwa 450 km nördlich von Delhi im indischen Bundesstaat Himachal Pradesh. Das etwa 70 km lange Tal ist bis zu 3 km breit und verläuft in Nord-Süd-Richtung am Rande des Großen Himalayas. Im Norden begrenzt es der 4000 m hohe Rothang Pass, im Westen und Osten wird es von Bergen bis 5500 m Höhe eingerahmt. Der Hauptstrom des Tales, der Beas, entwässert in den Fluss Sujla, der seinerseits in den Ganges mündet (Abb. 2.1; Abb. 2.2).

Abb. 2.1: Das obere Kullutal zwischen Khaknal und Manali

Das Tal ist stark besiedelt. Bis auf 3000 m Höhe finden sich Reis- und Getreidefelder, die in Terrassen angeordnet sind. Viele Felder wurden in den letzten Jahren zu Apfelplantagen umgewandelt. Dieser Trend ist wieder rückläufig, da aufgrund der starken Herbizid- und Pestizideinsätze die Bäume krankheitsanfällig und die Erträge zurückgegangen sind.

Der aufkommende Tourismus in Manali und Umgebung hat die Probleme der Abfall- und Abwasserentsorgung verstärkt. Kläranlagen gibt es noch keine und die Abwässer gehen ungeklärt in den Beas, den Hauptstrom des Tals. Die örtliche Bevölkerung benutzt traditionell die Bachufer als Latrine. Trotz staatlicher Subventionen haben sich Komposttoiletten noch nicht durchgesetzt.

Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen 31°27‘ und 31°26‘ nördlicher Breite und 76°56‘ und 77°52 östlicher Länge zwischen 1600 m ü.N.N und 2700 m ü.N.N..

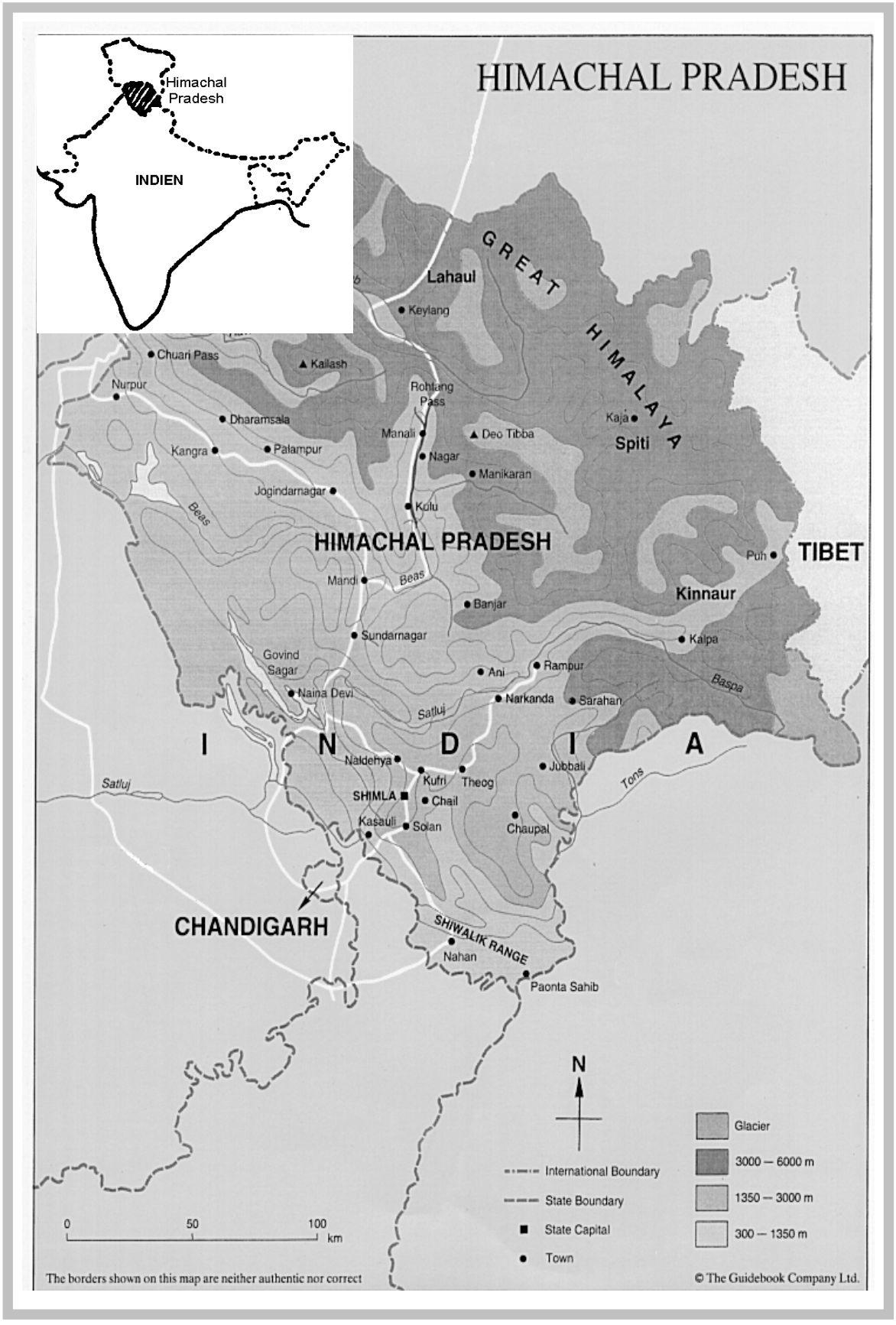

Abb. 2.2: Untersuchungsgebiet im Kullutal in Himachal Pradesh/Indien (verändert nach Guidebook 1983). In grenznahen Gebieten von zu Jammu, Kaschmir und Tibet sind die Entfernungsangaben aus politischen Gründen nicht korrekt. Die Schreibweisen Kulu, bzw. Nagar waren vor 1947 gebräuchlich.

Die mittlere Jahrestemperatur liegt in Manali bei 15°C, mit einem durchschnittlichen Maximum von 25°C und einem durchschnittlichen Minimum von 4°C (SINGH, 1998). Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 1230 mm. Während des Monsuns, von Juni bis September, fallen in der Regel 70 % der jährlichen Niederschläge (SINGH, 1989, SCHNEIDER, 1995). Während der Regenzeit können die Abflüsse innerhalb kurzer Zeit um ein Vielfaches zunehmen. Messungen an Gewässern im Bundesstaat Himachal Pradesh auf 900 m ü.N.N. mit einem Einzugsgebiet von 24,6 km^2 zeigten, dass der Abfluss in kurzer Zeit auf mehr als das 50-fache ansteigen kann (SCHNEIDER, 1995). Der Normalabfluss der Untersuchungsgewässer ist in der Monsunzeit jedoch geringer als während der Schneeschmelze im Frühjahr. Während des Niedrigwasserabflusses im Winter kommt es in allen Untersuchungsgewässern zu starkem Algenwachstum. Im April, kurz vor Einsetzen des Frühjahrshochwassers, wachsen auf den Steinen auf der Gewässersohle große Mengen an Grün- und Braunalgen. Eine Ausnahme bildet der Gletscherabfluss im Solang-Tal.

Im Unterschied zu den gemäßigten Breiten verlieren im Kullutal die Bäume erst im Dezember ihr Laub. In dieser Zeit nimmt die Anzahl der Simuliiden, die zu der Gruppe der Filtrierer gehören, im Gewässer zu.

Das Gebiet war Gegenstand verschiedener geologischer Untersuchungen (EPARD, 1975; KUMAR, 1981; MISRA et al., 1988; STEPHENSON, 1997). Gneis und Granit überwiegen, lokal wurden auch Sand- und Kalkgestein gefunden. Die hohe Leitfähigkeit im Naggarbach deutet auf Kalkgestein im Einzugsgebiet. In der Gegend um Solang liegen alluviale Ablagerungen vor.

An mehreren Zuflüssen des Beas führte die Arbeitsgruppe „Fließgewässer Himalaya“ von Prof. Schwoerbel von 1995 bis 1997 Untersuchungen durch. Die vorliegende Arbeit ist Teil dieses Forschungsprojektes. Zunächst stand dabei der Kunoibach mit zwei Probestellen im Mittelpunkt. Die Untersuchungsergebnisse 1995 zeigten aber, dass die Fauna des Kunoibaches während der Monsunzeit durch ungewöhnlich starke Erosion beeinträchtigt ist. Daher wurden die Untersuchungen 1996 auf Gewässer ausgedehnt, deren Quellgebiete intakt sind und deren fließende Welle auch während der Regenzeit nicht so stark getrübt ist. Abb. 2.3 zeigt die Probestellen im Untersuchungsgebiet.

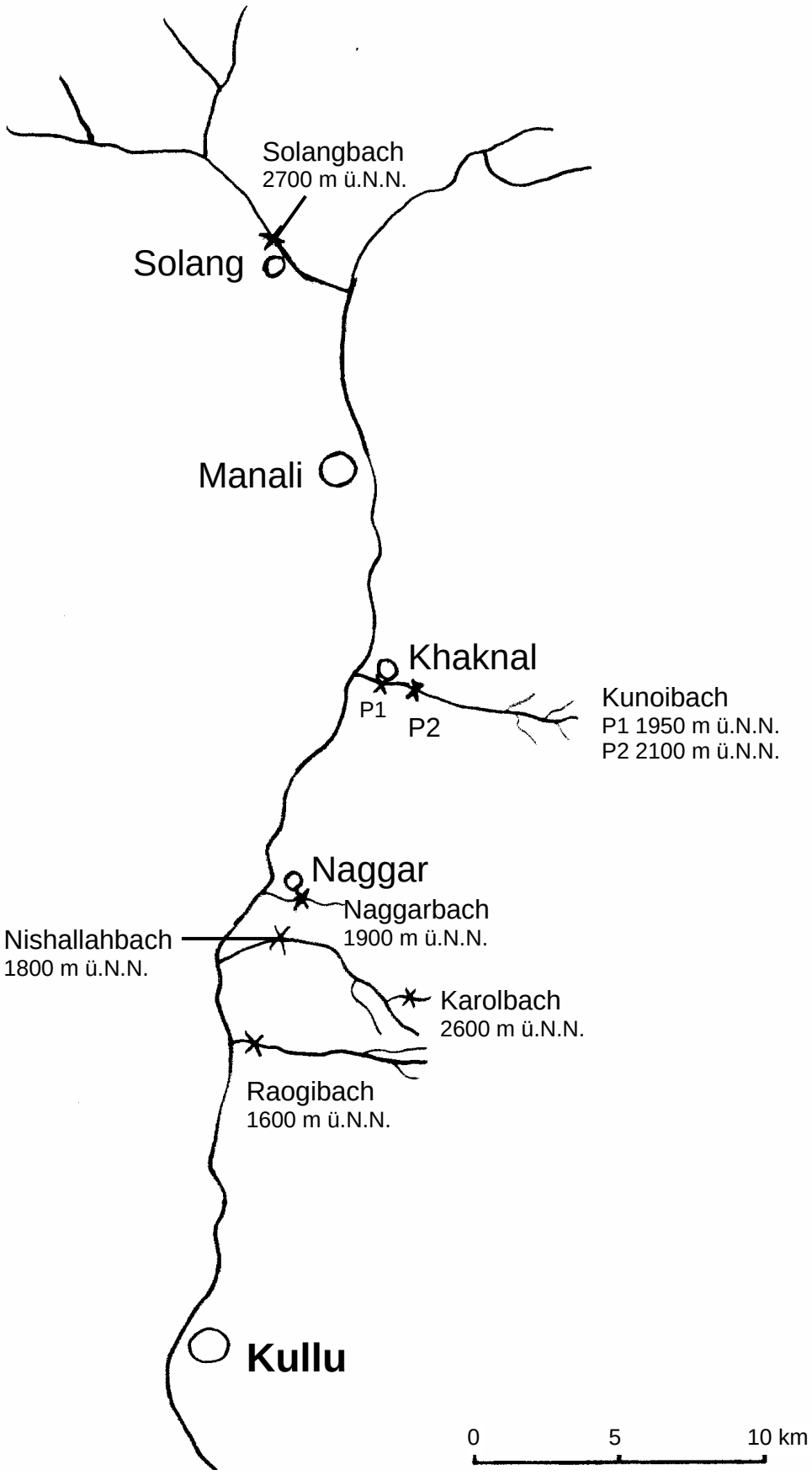

Abb. 2.3: Probestellen und Untersuchungsgewässer

2.2 Der Kunoibach

Der Kunoibach ist ein Gewässer 2. Ordnung (STRAHLER, 1952) und mündet 10 km südlich von Manali in den Beas. Das Einzugsgebiet beträgt 17 km^2 und der mittlere Abfluss MQ liegt bei 600 l/sec (Tab. 2.1).

Im oberen Rhithralbereich, wo die Untersuchungsstellen liegen, ist der Kunoibach ein naturnahes Gewässer, dessen Ufer mit natürlicher Waldvegetation bewachsen sind. In unmittelbarer Umgebung gibt es weder Felder noch Siedlungen. In den Sommermonaten werden allerdings Schafherden auf ihrem Weg zu den Pässen am Bachufer entlang zum Weiden getrieben und im Quellbereich kommt es durch Überweidung zu starker Erosion. Während der Regenzeiten trübt sich die fließende Welle des Kunoibaches aufgrund der erhöhten Einträgen von Silt, Sand und Schlamm (Abb. 2.4; 2.5).

Abb. 2.4: Kunoibach bei mittlerem Abfluss, Juni 1995; Abb. 2.5: Kunoibach bei Hochwasser, August 1995

Der Quellbereich liegt auf 3600 m ü.N.N.. Mehrere kleine Abflüsse vereinigen sich dort zu einem Bach, der nach einer kleinen Plateaustrecke mit starkem Gefälle ins Tal fließt. Auf einer Strecke von 4 - 5 km legt das Gewässer hier ca. 1500 m Höhenunterschied zurück. In diesem Abschnitt ist der Kunoibach durch zahlreiche kleine und größere Wasserfälle gekennzeichnet. Vor der Regenzeit sind die Steine im Gewässer durch organische Ablagerungen verklebt, und es ist schwierig, Steine aus dem Bachbett zu entnehmen. Erst bei erhöhtem Abfluss werden die Steine umgelagert und das Lückensystem durchspült.

Das Bachbett ist durch viele kleine Mikrohabitate charakterisiert. Daraus resultieren unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, die bei Normalabfluss (MQ) zwischen 0,2 und 3 m/sec liegen.

Probestelle 1:
Diese Stelle liegt auf 1950 m ü.N.N. und ist durch große Felsblöcke und kleine Wasserfälle mit auf diese folgenden Pools charakterisiert. Dazwischen liegen Riffel-Zonen und kleine, kiesige Abschnitte. Der Bach ist hier 3 - 4 m breit und 0,1 - 0,5 m tief. Im Laufe der zweijährigen Untersuchungszeit hat sich die Morphologie der Probestelle stark verändert. Einige große Felsblöcke wurden weggespült, das Bachbett verbreitert und kleinere Steine wurden abgelagert.

Im Sommer wird diese Stelle vier Stunden und im Winter überhaupt nicht von der Sonne beschienen. Im Süden wird der Bach von einer Wiese mit Apfelbäumen begrenzt. Auf dem steileren Nordufer wachsen nur Sträucher.

Probestelle 2:
Die zweite Untersuchungsstelle liegt 1,5 km oberhalb der ersten Probestelle auf 2100 m ü.N.N.. Das Bachbett ist hier auf einer Strecke von 30 m ohne starkes Gefälle, zwischen 3 - 5 m breit und 0,1 - 0,5 m tief.

Kleine Riffel-Zonen wechseln mit Poolzonen ab und es liegen einige größere Baumstämme im Gewässer. Am Ufer werden häufig Schafherden entlanggetrieben. Bei Regen erhöht sich der organische Eintrag durch den Abfluss aus diesen als Weiden genutzten Flächen.

Auch diese Probestelle liegt im Winter vollkommen im Schatten und im Sommer wird das Gewässer von 10.00 bis 16.00 Uhr beschienen.

Hier wurde im Juni 1995 eine Tagesgangmessung (24 h), bei der Temperatur, Leitfähigkeit und Driftraten gemessen wurden und es wurden mehrere Nachtfänge durchgeführt.

2.3 Der Naggarbach

Dieser Wiesenbach ist ein Gewässer 1. Ordnung und mündet 20 km südlich von Manali bei Patlikul in den Beas. Das Einzugsgebiet umfasst etwa 3,5 km^2 und der Normalabfluss (MQ) liegt bei 20 l/sec. Nach starken Regenfällen kann er aber um ein Vielfaches ansteigen (Abb. 2.6; 2.7). Der Bach ist 1 - 2 m breit und fließt durch ein bewirtschaftetes Waldgebiet mit mehreren Wiesenflächen. Im oberen Bereich des Einzuggebietes liegt auf der nördlichen Talseite eine Apfelplantage. Die Bäume werden chemisch behandelt, und es ist nicht auszuschließen, dass bei Regen Giftstoffe in den Bach gelangen (Kap. 4.3).

Der Quellbereich liegt auf 2600 m Höhe. Im Sommer können die oberen Quellzuflüsse austrocknen. Das Gewässer wird dann von einer permanenten Quelle gespeist, die auf ca. 2200 m ü.N.N. liegt.

Die 10 m lange Untersuchungsstrecke liegt in einem Lichtungsbereich auf 1900 m ü.N.N. und ist zwischen 1,2 m und 1,5 m breit. Das Gewässer ist im Sommer um die Mittagszeit mehrere Stunden besonnt und liegt im Winter dauerhaft im Schatten. Das Bachbett besteht aus kleineren und bis zu 20 cm großen Steinen. Das Gefälle ist sehr gering. Das Wasser dieses Gewässers bleibt auch während der Regenfälle im Monsun klar.

Von der Mitte der Untersuchungsstrecke wurde ab Juni 1997 in einem neu angelegten Kanal Wasser für die Reisfelder abgeleitet. Dadurch war die Abflussmenge im eigentlichen Gewässerbett reduziert und im oberen Teil der Untersuchungsstrecke bildete sich ein Stillbiotop aus. Diese Ableitung für die Reisfelder erfolgte in den Vorjahren weiter unten im Gewässer. Die Fließgeschwindigkeit lag bei mittlerem Abfluss MQ zwischen 0,2 m/sec und 0,9 m/sec. Oberhalb der Untersuchungsstrecke steht das zweite der beiden Emergenzhäuser (Kap 3.4).

Der Naggarbach hat von allen untersuchten Gewässern die höchste Leitfähigkeit. Dies und auch die höhere Carbonathärte lassen auf Kalk- oder Sandstein im Einzugsgebiet schließen.

Abb. 2.6: Naggarbach bei mittlerem Abfluss (MQ), Juli 1997;
Abb. 2.7: Naggarbach bei Hochwasser, August 1997

2.4 Der Nishallahbach

Der Nishallahbach, ebenfalls ein Gewässer 2. Ordnung, mündet etwa 22 km südlich von Manali in den Beas. Das Einzugsgebiet ist wie das des Kunoibaches etwa 17 km^2 groß und der Normalabfluss (MQ) liegt bei 700 l/sec. Das Quellgebiet liegt auf ca. 3200 m ü.N.N. Ähnlich wie der Kunoibach legt auch dieses Gewässer innerhalb von 4 - 5 km einen Höhenunterschied von 1400 m zurück.

Oberhalb des untersuchten Abschnitts, der auf 1800 m ü.N.N. liegt, befinden sich auf dem Südhang viele Weiden. Der Einfluss der Beweidung auf das Gewässer ist jedoch gering. Die nördliche Talseite ist sehr steil und felsig (Abb. 2.8).

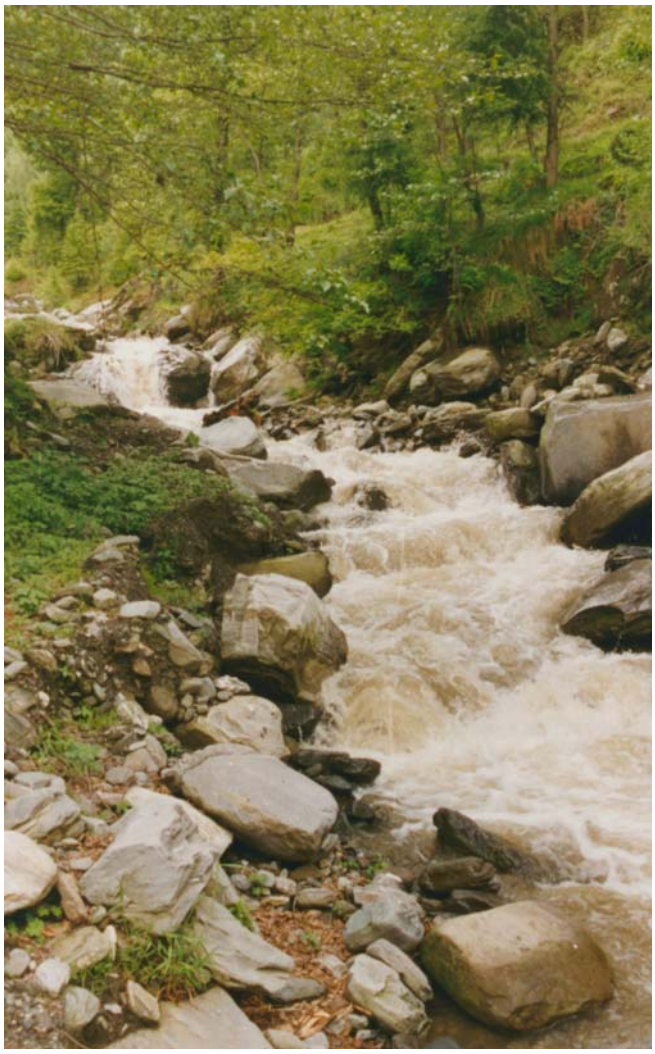

Abb. 2.8: Nishallahbach bei mittlerem Abfluss (MQ), Juni 1997

Im Gegensatz zum Kunoibach bleibt die abfließende Welle dieses Baches auch während der Regenzeit klar. Oberhalb der Probestelle sind einige Kanäle angelegt, durch die im Sommer Wasser in die umliegenden Reisfelder abgeleitet wird.

Das Bachbett ist an der Untersuchungsstelle durch 2 - 3 m große Felsblöcke mit nachfolgenden Pools charakterisiert. Diese wechseln mit ausgedehnten Riffel-Zonen ab. Auch hier veränderte sich die Morphologie des Gewässers im Untersuchungszeitraum. Einige Felsblöcke wurden weggespült oder umgelagert. Das Gewässer ist hier 2 - 4 m breit und 0,1 - 0,4 m tief. Am südlichen Bachufer stehen Weiden und Erlen. Das Nordufer bildet ein 3 m hoher Steilhang; oberhalb liegt ein Gemüsefeld. Am Rande

dieses Feldes fließt ein kleiner Kanal, der weiter oberhalb aus dem Nishallahbach abgeleitet wird. Über diesen Kanal wurde eines der beiden Emergenzhäuser aufgestellt (Kap. 3.4). Eine Konstruktion über dem Nishallahbach, dessen Wasserstand bis zu 3 m schwankt, hätte den Monsun nicht überstanden.
Wie der Kunoibach ist auch das Bachbett des Nishallahbaches durch viele Choriotope charakterisiert. Die Fließgeschwindigkeiten lagen bei mittlerem Abfluss zwischen 0,2 - 2,5 m/sec.

2.5 Der Raogibach

Dieser Bach ist wie der Kunoibach und der Nishallahbach ein Gewässer 2. Ordnung und mündet 28 km südlich von Manali in den Beas. Wie die beiden anderen Gewässer ist der Raogibach durch starkes Gefälle und Wasserfälle mit nachfolgenden Poolzonen charakterisiert. Der Quellbereich liegt wie der des Nishallahbachs auf ungefähr 3200 m ü.N.N.. Der Bach verliert am Anfang schnell an Höhe und fließt dann flacher durch Getreidefelder.

Das Gewässer wurde 1997 in dieses Untersuchungsprogramm aufgenommen, da hier im Oktober 1996 große Ansammlungen von Larven der Ephemeroptera mit phoretischen Simuliidae (Kap. 9) gefunden wurden. Um dieses Phänomen genauer zu studieren, wurde das Gewässer ab April 1997 monatlich besammelt.

Die Untersuchungsstelle liegt auf 1600 m ü. N.N.. Das Gewässer ist hier zwischen 2 m und 3,5 m breit und hat wenig Gefälle. Es ist umgeben von steilen, wenig bewachsenen Felswänden. Die Untersuchungsstelle liegt den ganzen Tag in der Sonne. Häufig werden hier Schafherden zur Tränke geführt; dies zeigen auch die chemischen Werte (Kap. 4.2). Im Bachbett liegen einige größere Felsblöcke. Kurze Riffel-Zonen und sandige Pools wechseln sich ab. Die Fließgeschwindigkeiten lagen zwischen 0,4 m/sec und 2,5 m/sec.

2.6 Der Solangbach

Der Solangbach, ein Gewässer 3. Ordnung, ist ein stark silthaltiger Gletscherabfluss. Zusammen mit einem weiteren Zufluss, der unterhalb des Passes Rohtang entspringt, speist der Solangbach den Beas.

Dieses Gewässer wurde 1997 ins Untersuchungsprogramm aufgenommen, weil DUBEY (1971) aus dem Solangtal Arten der Familie der Heptageniidae meldete. Er beschrieb drei Imagines und ich wollte überprüfen, welche Arten vorliegen. Die Probestelle liegt auf 2700 m Höhe, oberhalb der Ortschaft Solang, die vor allem durch Wintertourismus geprägt ist. Das Bachbett ist hier 100 - 150 m breit. Bei Normalabfluss fließt Wasser aber nur in einem Bereich von 15 - 20 m. Während der Monsunzeit kann die Wassermenge um ein Vielfaches ansteigen, aber das Wasser der fließenden Welle bleibt klar. Das Gewässer ist nicht beschattet.

Die Fließgeschwindigkeit ist sehr hoch und die Riffel-Zonen sind stark ausgeprägt. In Ufernähe kann es zu starken Siltablagerungen kommen. Die Fließgeschwindigkeiten schwankten zwischen 0,2 m/sec und 3,2 m/sec.

2.7 Der Karolbach

Dieses Gewässer 1. Ordnung ist ein Zufluss des Nishallahbachs und befindet sich auf der nördlichen, steilen Talseite. Der Bach fließt durch einen Waldbereich mit viel Bruchholz, der kaum anthropogenen Einflüssen unterliegt. Das Wasser der fließenden Welle bleibt auch nach starken Regenfällen klar. Das Gewässer ist zwischen 1 m und 2 m breit.

Die Untersuchungsstrecke liegt auf 2600 m ü.N.N. und ist durch Sträucher und Laubbäume permanent beschattet. Das Gefälle ist sehr gering und auf dem Bachbett zwischen den Steinen gibt es immer sandige Bereiche. Die Fließgeschwindigkeiten lagen zwischen 0,2 m/sec und 0,8 m/sec. Im Mai 1996 wurde hier ein Tagesgang mit Driftuntersuchung durchgeführt.

Tab. 2.1: Geodaten der Untersuchungsgewässer

	Gewässer-ordnung	Einzugsgebiet[1] [km ^{2}]	Normalabfluss MQ m³/sec	Fließgeschwin-digkeiten (MQ) [m/sec]	Höhe Untersuchungs-stelle [m]	Leitfähigkeit [µS/cm]	Temperatur [°C]
Kunoibach Probestelle 1	2	17	0,6	0,2 – 3,0	1950	28 – 54,9	2,8 –18,1
Kunoibach Probestelle 2	2	17	0,6	0,3 – 3,0	2100	28 – 54,9	2,8 –18,1
Nishallahbach	2	17	0,7	0,2 – 2,5	1800	76 - 159	3,8 – 22,7
Naggarbach	1	3,5	0,02	0,2 – 0,9	1900	160 - 217	4,7 – 21,5
Raogibach	2	20	0,9	0,4 – 2,5	1600	78,6 - 133	3,7 – 21,1
Solangbach	3	120	-	0,2 – 3,2	2700	71 -99	8,1 – 9,6
Karolbach[2]	1	2,5	-	0,2 – 0,8	2600	140	10

[1] Die Berechnungen erfolgten mit einer Karte im Maßstab 1: 250 000.
[2] es liegen nur Messungen im Mai und September vor

3. Material und Methoden

3.1 Sammelmethoden der Makroinvertebraten

Makrozoobenthosuntersuchungen wurden 1997 mindestens einmal monatlich am Nishallah und Naggarbach, ab April am Kunoibach und ab Mai am Raogibach durchgeführt. Am Solangbach wurden im Mai, Juni und September 1997 und im Karolbach im September Probennahmen durchgeführt. In den Vorjahren wurde der Kunoibach 1995 mehrmals monatlich von Juni bis August, sowie Ende September, Anfang Oktober und im Dezember untersucht und 1996 wurden der Naggar-, Nishallah- und Kunoibach im Frühjahr, Sommer und Herbst untersucht (Tab. 3.1). Zusätzlich wurde in allen Zuflüssen in den Beas, den Hauptstrom des Tales, zwischen Manali und Naggar und an anderen Gewässern der Umgebung stichprobenartig Makrozoobenthos gesammelt.

Tab. 3.1 Zeiträume der Probennahmen an den Untersuchungsstellen

	1997	**1996**	**1995**
Kunoibach Probestelle 1	April bis Dezember	März, April, Mai, Juni, Juli, Oktober, November	Juni bis August, Ende Sep./Anfang Okt. Dezember
Kunoibach Probestelle 2	-	März, April, Mai, Juni, Juli, Oktober, November	Juni bis August, Dezember
Nishallahbach	Januar bis Dezember	März, April, Mai, Juni, Oktober, November, Dezember	September, Dezember
Naggarbach	Januar bis Dezember	April, Juni, Juli, Oktober, November, Dezember	-
Raogibach	Mai bis Dezember	September, Oktober	-
Solangbach	Mai, Juni, September	-	-
Karolbach	September	Mai	Juli

Innerhalb eines Gewässerabschnitts von 10 - 15 m wurde mit einem Netz der Maschenweite 350 µm an verschiedenen Kleinhabitaten nach DIN-Norm 38410 (1989) Kick-sampling Probennahmen durchgeführt. Die Larven der verschiedenen Arten wurden ausgezählt; dabei wurden drei Größenklassen unterschieden. Larven unter 5 mm Größe wurden nicht berücksichtigt, da eine eindeutige Bestimmung dieser Larven nicht möglich war. Individuenzahlen über 50 Tiere wurden geschätzt.

Zusätzlich zu den Kick-sampling Proben, wurden Steine aus dem Wasser genommen und die festsitzenden Tiere abgesammelt. Die Pflanzen an den Bachrändern wurden genauer untersucht und an langsam fließenden Stellen wurde der Schlamm gesiebt. Am Gewässerrand wurden Steine und Pflanzen nach Exuvien von Ephemeropterenlarven abgesucht (Kap. 5.4.5; 5.4.6).

Neben den monatlichen Routineproben für die statistische Auswertung, wurde zusätzlich Makrozoobenthos gesammelt, um Material für die Aufzucht von seltenen Arten zu erhalten und Besonderheiten, die aus den Vorjahren von den Untersuchungsgewässern aufgefallen waren, zu überprüfen.

Im Naggarbach und Kunoibach wurden zusätzlich quantitative Probennahmen mit dem Surber-Sampler durchgeführt. Der Surber-Sampler mit einer Fläche von 0,05 m^2, konnte aber nur auf kiesigem Substrat benutzt werden. Die Zuordnung der Arten nahm Herr Dr. E. Bauernfeind vom Naturhistorischen Museum in Wien vor. Die Bestimmung der Benthos- und Emergenzproben erfolgte von mir an Hand von bestimmten Vergleichsexemplaren vor Ort.

Aus den monatlichen Routineproben wurden die Ephemeropterenlarven, die mit phoretischen Simuliiden besetzt waren, ausgelesen und gezählt. Fünf bis zehn weitere Benthosproben wurden durch jeweils 10 minütiges Kick-sampling genommen, um den prozentualen Anteil der mit phoretischen Simuliiden besetzten Larven zu ermitteln. Der Anheftungsplatz der Simuliiden auf der Ephemeropterenlarve wurde notiert. Die Bestimmung der Simuliiden erfolgte durch Frau Prof. Dr. Ellen Kiel, Universität Vechta nach LEWIS (1973).

3.2 Haltung der Ephemeropterenlarven und phoretisch lebender Simuliiden

Die zur Aufzucht bestimmten Larven wurden in Thermobehältern ins Labor transportiert. Dort wurden sie in 35 x 20 cm große weiße Plastikbecken gehalten, die mit Sprudelsteinen bestückt waren. Um die Temperatur niedrig zu halten, wurde regelmäßig Eis zugegeben; eine genaue Temperaturregelung war jedoch nicht möglich.

Die Tiere wurden mit einer Unterwasser-Lipstick Kamera gefilmt und unter dem Binokular beobachtet. Larven der Ephemeropteren, die die Kiemen nicht bewegen können, wie *Epeorus bispinosus*, alle *Iron*- und *Rhithrogena*-Arten, reagierten sehr empfindlich auf sinkende Sauerstoffkonzentrationen und starben nach wiederholten Stromausfällen.

Um die Trägerspezifität der phoretischen Simuliiden zu untersuchen, wurden zu den Ephemeropterenlarven, die phoretische Simuliiden trugen, andere Ephemeropteren-Arten zugesetzt. In der Regel gehörten Larven, die als Träger dienen, zu den Arten, die ihre Kiemen nicht aktiv bewegen können und in den Aquarien nicht so lange überleben. Zugesetzt wurden Larven von *Electrogena eatoni* und zwei Arten aus der Familie Ephemerellidae. Diese Arten können die Kiemen bewegen und durch diese aktiv unterstützte Sauerstoffaufnahme länger in den Haltungsbecken überleben.

Das Verhalten der Tiere wurde alle zwei Stunden jeweils eine halbe Stunde kontinuierlich beobachtet und zum Teil mit dem Videorekorder dokumentiert. Tote Tiere wurden regelmäßig aus den Becken entfernt.

3.3 Aufzucht von Ephemeropterenlarven und phoretisch lebenden Simuliiden

Wie bei vielen anderen Insektengruppen erfolgte auch bei Eintagsfliegen die Erstbeschreibung häufig nur an einem Stadium (Nymphe oder Imago). Durch Aufzuchten der verschiedenen Arten war es möglich die Larven und Imagines eindeutig zuzuordnen. Zusätzlich konnten so die Flugzeiten der Arten ermittelt werden.

Bei jeder Probennahme wurden schlupfreife Nymphen der Ephemeropteren -erkennbar an den dunklen Flügelscheiden - aussortiert und in Schlupfbecher gegeben. Bei den Schlupfbechern handelt es sich um Plastikbecher von 0,25 l Inhalt, die an zwei gegenüberliegenden Seiten Löcher von 4 cm Durchmesser aufweisen, die mit Gaze der Maschenweite 350 µm bespannt sind. Nach dem Besatz mit einer Ephemeropterenlarve wurden die Becher von oben mit Gaze und Gummibändern verschlossen (Abb. 3.1).

Bis zum Ende einer Probennahme wurden die Schlupfbecher ins Untersuchungsgewässer gestellt. Danach wurden die Schlupfbecher in Thermobehältern an den Naggarbach transportiert und dort innerhalb des Emergenzhauses im Gewässer ausgebracht (Kap. 3.4). Die Becher wurden in Drahtgestellen im Bach fixiert. Die Drahtgestelle waren ihrerseits mit Seilen am Emergenzhaus befestigt um ein Abdriften zu verhindern (Abb. 3.2).

Die Becher wurden jeden Abend kontrolliert und von Sand und Silt gesäubert. Tote Larven und geschlüpfte Subimagines wurden entnommen. Im Labor wurden die Larvenexuvien in Alkohol überführt und jede Subimago in einem trockenen Becher an einem feuchten, kühlen Ort aufbewahrt. In den Sommermonaten häuteten sich die Subimagines nach ein bis zwei Tagen zu Imagines; in den Wintermonaten dauerte die Häutung von der Subimago zur Imago fünf bis sechs Tage. Diese Morphogenese erfolgte in der Regel in den frühen Morgenstunden. Die Imago wurde zusammen mit der Larvenexuvie in 80 %-igem Alkohol konserviert. Während starker Regenfälle, vor allem in der Monsunzeit, wurden die Aufzuchtbecher mit Larvenmaterial häufig abgeschwemmt. Nachdem diverse mechanische Sicherungen fehlgeschlagen waren, wurden die Probenständer mitsamt den Schlupfbechern bei starkem Regen aus dem Gewässer genommen und an einem Balken außerhalb des Wassers aufgehängt. Bei Normalabfluss wurden die Aufzuchtbecher wieder im Bach ausgebracht. Die Becher waren nie länger als acht Stunden außerhalb des Gewässers. Durch den Regen trockneten die Becher nicht aus und es erfolgte Sauerstoffeintrag. Die Überlebensrate war in der Regel 95 Prozent, so dass auf diese Weise der Verlust von wertvollem Larvenmaterial niedrig gehalten werden konnte. Ephemeropterenlarven, die mit Puppen von Simuliiden oder mit verpuppungsreifen Altlarven besetzt waren, wurden ebenfalls in Schlupfbecher gegeben. Auch diese Becher wurden täglich kontrolliert. Geschlüpfte Kriebelmücken wurden in 80 %-igen Alkohol überführt und die verbliebenen lebenden Ephemeropterenlarven im Schlupfbecher wieder im Gewässer ausgebracht. In der Regel schlüpfte die Subimago der Ephemeropteren einige Tage nach der Simuliiden, in seltenen Fällen am selben Tag.

Abb. 3.1: Schlupfbecher zur Aufzucht von Ephemeropterenlarven zur Imago

Abb. 3.2: Schlupfbecher im Gewässer

3.4 Die Emergenzhäuser

Im Juni 1996 wurde über dem Naggarbach ein 3 m breites und 3,60 m langes Emergenzhaus aufgebaut. Emergenzhäuser wurden erstmals von ILLIES (1971) verwendet. Es handelt sich um Glashäuser, die eine Innenkonstruktion aus Holz und Gaze als Fangstruktur besitzen. Für die Untersuchungen im indischen Himalaya wurde eine abgeänderte Form von Emergenzhäusern entwickelt (Abb. 3.3). Die Seitenwände sind gemauert und mit weißer Plastikfolie bespannt. Die Front- und Rückseite bestehen aus Drahtgeflecht mit einer Maschenweite von 4 mm. Eintritt und Austritt des Bachverlaufs sind mit Schürzen aus Gaze abgedichtet. Die Bachfläche unter der Emergenzfalle beträgt bei MQ 3,6 m^2. An der Frontseite befindet sich am oberen Rand des Hauses eine 1,20 m lange und 10 cm breite Öffnung über die ein Netz gespannt ist. Unterhalb dieser Öffnung verläuft eine Rinne, die mit 4%-igem Formalin gefüllt ist. Die Tiere, die versuchen durch die dem Licht zugewandte Öffnung wegzufliegen, fallen in die darunter liegende Rinne (Abb. 3.4). Diese Rinne wurde von Juni 1996 bis Dezember 1997 täglich um 10.00 Uhr morgens geleert und die Tiere in 80 %-igem Alkohol konserviert.

Das Emergenzhaus ist über eine Tür an der Frontseite zugänglich, damit die an Wänden und Decke sitzenden Tiere gesammelt und die Schlupfbecher zur Aufzucht ausgebracht werden können. Aus den täglichen Emergenzproben wurden die Tiere der Ordnungen Trichoptera, Plecoptera und Diptera und Ephemeroptera aussortiert. Der überwiegende Anteil der Ephemeroptera lag als Subimago vor, welche oft nicht bis zur Art bestimmt werden kann. Deswegen wurden ab dem 24. April 1997 täglich um 18.00 Uhr die im Emergenzhaus sitzenden Subimagines der Ephemeropteren abgesammelt und in einem Schlupfbecher ins Labor gebracht. Nach der Häutung zur Imago, die - abhängig von der Jahreszeit - ein bis sechs Tage dauerte, wurden die Tiere bestimmt und in 80 %-igem Alkohol konserviert.

Ein zweites kleineres Emergenzhaus steht in Nishallah über einem Seitenarm des Nishallahbaches. Der etwa 1 m breite Kanal wurde über eine Strecke von 1,90 m überbaut. Die Gewässeroberfläche, aus der sich die geschlüpften Insekten in der Falle ansammeln, beträgt bei MQ 1,5 m^2. Die Schlupffalle ist 1,20 m hoch und 1,70 m breit; Eintritt und Austritt des Bachlaufs sind mit Schürzen abgedichtet. An der dem Licht zugewandten Seite befindet sich eine Öffnung, an der ein 10 l Plastikgefäß angebracht ist. Dieses Gefäß, in dem sich die geschlüpften Imagines ansammeln, enthält 4%iges Formalin zur Konservierung des Insektenmaterials und wurde wöchentlich vom zehnten Juli 1996 bis Ende Dezember 1997 geleert. Zusätzlich sind die Subimagines der Ephemeropteren in der Regel ein bis zwei Mal pro Woche abgesammelt worden.

Die Falle wurde über einem Seitenarm des Nishallahbaches aufgebaut, da im Hauptbach die Abflussschwankungen während der Monsunzeit sehr hoch sind und Konstruktionen über dem Nishallahbach diese Hochwässer nicht überdauern würden.

Die Zuordnung der Imagines und der Larven wurde von Herrn Dr. E. Bauernfeind vom Naturhistorischen Museum in Wien durchgeführt. Die Bestimmung der Ephemeropteren aus den Emergenzproben und der Imagines, die durch Aufzuchten vorlagen, erfolgte von mir an Hand von Belegexemplaren.

Abb. 3.3: Emergenzhaus über dem Naggarbach

Abb. 3.4: Fangrinne des Emergenzhaus

Abb. 3.5: Emergenzfalle über dem Nishallahbach

3.5 Statistische Auswertungen

Mit den täglichen Ergebnissen aus der Emergenzfalle am Naggarbach wurden für den Zeitraum vom 17.05.1997 bis 08.11.1997 Korrelationen mit dem Pearson-Korrelations-Koeffizienten und multiple Regressionen berechnet. Als Variablen dienten Zeitpunkt (Ordnungszahl der Tage im Jahresverlauf), Regen, Lufttemperatur, Wassertemperatur, Mondphasen und Monsun, die mit der Emergenzrate von *Epeorus bispinosus*, *Electrogena eatoni* und der Gesamtemergenz in Beziehung gesetzt wurden. Für die Betrachtung der Mondphasen wurde die sichtbare Fläche des Mondes zugrundegelegt. Diese wurde über die Anpassung einer Sinuskurve durch die angebenen Mondphasen - Vollmond und Neumond - berechnet. Die Variable Mond ist daher folgendermaßen definiert:

$$\text{Mond} = \frac{\left(1+\cos(wx)\right)}{2}$$

x = Datum (Ordnungszahl - 22.05.1997 (=1. Vollmond))
w = 0,213728

Der Zeitraum des Monsuns wurde an Hand der Regendaten 1997 auf den 10.07.97 bis 08.09.1997 festgelegt. Dabei wurden die ersten mehrere aufeinanderfolgende Regentage im Juli mit starken Regenfällen als Anfangspunkt und die letzten aufeinanderfolgenden Regentage im September als Endpunkt der Monsunzeit festgelegt (Kap. 6.4).

Mit dem KRUSKAL-WALLIS-Test (H-Test) wurde überprüft, ob es signifikante Unterschiede der Schlupfraten in den Zeiträumen vor, während und nach dem Monsun gibt. Mit einem Abschlusstestverfahren basierend auf dem H-Test wurden die Zeiträume paarweise verglichen und die signifikanten Unterschiede aufgezeigt (Kap. 6.4).

Absolute Häufigkeiten aus unabhängigen Stichproben der Benthos- und Emergenzproben wurden mit dem Chi-Quadrat-Homogenitätstest verglichen. Zur Lokalisation der Effekte bei Mehrfeldertafeln wurde ein Post-Hoc Verfahren verwendet, was die Einzelbeträge der einzelnen Felder zum Gesamtchiquadrat berücksichtigt. Das Programm Statview (Abacus Concepts) gibt dazu korrigierte Werte aus, die einer Standardnormalverteilung folgen (Kap. 5.4; 6.3).

Von den Daten der Emergenzuntersuchungen wurden die Geschlechterverhältnisse von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* auf signifikante Abweichung zum 1:1 Verhältnis überprüft. Für Proben, deren Gesamtanzahl unter 150 Tiere lag, wurde der Binomialtest und bei Stichproben, deren Gesamtanzahl über 150 Tieren lag, wurde der Chi-Quadrat-Anpassungstest angewandt (Kap. 6.3.1).

Von den Daten der Benthosuntersuchungen 1997 wurden Diversitätsindizes der Gewässer nach SHANON WEAVER und die Evennes nach MÜHLENBERG (1989) bestimmt. Die Berechnung des SHANNON-Index wurde mit folgender Formel durchgeführt:

$$H_S = \sum_{i=1}^{S} pi \ln pi$$

Die H_S-Werte wurden mit einem t-Test auf signifikante Unterschiede hin überprüft (MÜHLENBERG, 1989) (Kap. 8.1).

Für die Daten aus den Benthosuntersuchungen von 1995 bis 1997 wurden die Ähnlichkeiten nach WAINSTAIN in MÜHLENBERG (1989) berechnet. Die Erstellung des Dendrogramms erfolgte nach SINCLAIR (1976) (Kap. 8.1; 12.9).

3.6 Bestimmung physikalischer, klimatischer und chemischer Parameter

Die Fließgeschwindigkeit wurde mit einem Miniatur-Messflügel ”Mini Air 2” der Firma Schiltknecht gemessen.

Abflussmessungen wurden während des Untersuchungszeitraumes 1995 bis 1997 zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt.

Bei jeder Probennahme wurden um 12.00 die Wasser-, Lufttemperatur und Leitfähigkeit mit einem Gerät LF 92 der Firma WTW gemessen. Vom Naggarbach liegen seit Juni 1997 tägliche Temperaturmessungen von Wasser und Luft und wöchentliche Messungen der Leitfähigkeit vor.

Regendaten wurden von Juni 1996 bis Ende Dezember 1997 an der Untersuchungsstelle am Naggarbach erhoben.

Die chemischen Parameter wurden mit Feldtests der Firma Merck bestimmt (Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Feldtests der Firma Merck zur Bestimmung der chemischen Parameter

Chemische Parameter	Test-Nummer	Methode	Messbereich
Sauerstoff und BSB_5	11149	Titrimetrisch nach Winkler	Abstufung 0,1 mg/l
Nitrat	11170	Koloritmetrisch	10 - 150 mg/l
Ammonium	8024	Koloritmetrisch Indophenolblau	0,2 - 5 mg/l
Phosphat	14846	Koloritmetrisch Phosphormolybdänblau	0,2 - 3,0 mg/l
Silizium	14792	Koloritmetrisch	0,3 - 10 mg/l
Calcium	11110	Titrimetrisch Titriplex III	Abstufung 2 mg/l
Carbonathärte	8048	Titrimetrisch Säurebindungsvermögen (SBV)	Abstufung 0,2 °dH
Gesamthärte	8047	Titrimetrisch	0,25 - 5,6° dH

3.7 Diskussion der Methoden

Eine quantitative Probenahme mit dem Surber-Sampler war aufgrund der morphologischen Beschaffenheit der Untersuchungsgewässer nicht möglich, da der Surber-Sampler nur an wenigen, rein kiesigen Stellen dicht aufgesetzt werden konnte. In diesem kiesigen Substrat kommen nur wenige Arten vor. Arten, die in anderen Habitaten vorkommen, konnten mit dem Surber-Sampler nicht erfasst werden. Deshalb wurde hier die Methode des Kick-sampling angewandt, obwohl sie nur eine halb-quantitative Erfassung gewährleistet. So konnte Makrozoobenthos aller an der Untersuchungsstelle vorkommenden Habitate gesammelt werden. Auch für das Sammeln der Ephemeropterenlarven, die phoretische Simuliiden trugen, war das Kick-sampling sinnvoller, da diese fleckenweise unter größeren Steinen auftreten.

Von den Ephemeropterenlarven aus dem Kullutal ist eine eindeutige Artbestimmung erst ab einer Größe von etwa 5 mm möglich. Deswegen wurden für die populationsdynamischen Auswertungen kleinere Larvenstadien nicht quantitativ berücksichtigt.

In den Haltungsbecken des Makrozoobenthos war die Überlebensdauer einiger Ephemeropterenlarven, vor allem von *Iron martensi* und *Epeorus bispinosus* gering. Diese Arten können die Kiemen nicht bewegen. Außerdem war keine Temperatur-regelung möglich und die unregelmäßige Stromversorgung vor Ort machte eine kontinuierliche Nutzung einer Fliesswasserrinne unmöglich. Neben der Simulation der Strömung im Gewässer für die Verhaltensstudien der Ephemeropterenlarven, wäre auch die Nahrungsversorgung der Simuliiden besser gewährleistet gewesen. Möglicherweise ist ein Teil der Simuliidenlarven aufgrund des Fehlens von Strömung verhungert. Dennoch erbrachten diese ersten Studien wertvolle Ergebnisse über Ephemerop-terenlarven und ihre phoretisch lebenden Simuliiden.

Die Aufzucht der Larven in den Schlupfbechern war je nach Art unterschiedlich erfolgreich. Manche Larven konnten bis zu sechs Wochen in den Schlupfbechern überleben. Vor allem Arten aus der Familie Ephemerellidae und *Rhithrogena tianshanica* waren unempfindlich gegen das Ansammeln von Silt in den Bechern. Andere Arten, vor allem *Iron martensi,* waren sehr empfindlich und die Aufzucht dadurch erschwert. Die Larven von *I. martensi*, der dominanten Art im Kunoibach, starben häufig nach Ausbringen in der Aufzuchtstation. Der einzig gemessene Unterschied zwischen dem Gewässer, aus dem die Larven stammten und dem Naggarbach, in das sie ausgebracht wurden, war die Leitfähigkeit. Allerdings kam es im Naggarbach im Juni wiederholt zu Larvensterben in den Schlupfbechern. Meistens waren während dieser Zeit auch nur wenige Subimagines von Eintagsfliegen im Emergenzhaus. Möglicherweise war dies auf Insektizide zurückzuführen, die in dieser Zeit im weiteren Einzugsgebiet des Gewässers gespritzt worden waren. Dies konnte jedoch mit den vorhandenen chemischen Analysemethoden nicht nachgewiesen werden.

Die Merck-Feldchemikalien, die zur Untersuchung der chemischen Parameter verwendet wurden, können nur einen begrenzten Eindruck über die chemischen Verhältnisse im Gewässer vermitteln. Die Nachweisgrenzen vor allem für die Nährstoffe Nitrat und Phosphat lagen zu hoch, um genaue chemische Daten zu liefern. Es war nicht möglich, chemische Analysen in Labors von indischen Behörden durchzuführen.

Die Emergenzhäuser über den Bachabschnitten am Naggarbach und Nishallahbach lieferten umfangreiches Material, die für die Bestimmung auf Artniveau notwendig waren und phänologische Studien ermöglichen. Allerdings lagen bei den Ephemeroptera oft nur Subimagines vor, die nicht bis auf die Art bestimmt werden konnten. Das Absammeln dieser Subimagines der Eintagsfliegen im Emergenzhaus und deren Aufzucht zu Imagines war eine notwendige Voraussetzung, um die Arten der Ephemeroptera feststellen zu können. Die Tatsache, dass die Subimagines erst ab dem 24. April abgesammelt wurden, ist vernachlässigbar. Ein Absammeln der Subimagines in den Monaten Januar bis März und eine daraus resultierende Beobachtungsgleichheit hätte bei den niedrigen Emergenzwerten in diesen Monaten keinen signifikanten Einfluss auf die Daten ausgeübt. Zudem ist die Veränderung durch das zusätzliche Absammeln von Imagines ab April 1997 nicht größer als in jedem historischen Vergleich mit veränderten Bedingungen (mündl. Mitteilung, Schulte-Mönting, Freiburg).

4 Ergebnisse der physikalischen und chemischen Untersuchungen

4.1 Physikalische Messungen

4.1.1 Temperatur

Die untersuchten Gewässer zeigen ein ähnliches Temperaturregime. Tiefstwerte liegen im Dezember und Januar, Höchstwerte werden im Juli gemessen; danach geht in der Regel die Temperatur langsam zurück.

In Abbildung 4.1 sind die monatlichen Mittelwerte der Temperatur und der Leitfähigkeit in den Untersuchungsgewässern für das Jahr 1997 graphisch dargestellt[1].

Im **Kunoibach** sank die Temperatur im Dezember 1997 auf 3,5°C und stieg im Juli bis auf 18,1°C an. In den beiden Vorjahren wurden derart hohe Temperaturen im Sommer nicht erreicht. 1995 und 1996 lag die höchste gemessene Temperatur im Juli bei 15°C, die tiefste Temperatur bei 2,8°C. Bei den Tagesgangmessungen im Juni 1995 schwankte die Temperatur zwischen 11,4°C und 15,8°C, während sie im August zwischen 12,3 °C und 13,4°C lag.

Im **Nishallahbach** sank die Temperatur im Januar 1997 auf 3,8°C. Im Juli stieg die Temperatur bis auf 22,7°C an. Diese hohe Temperatur konnte wohl nur dadurch erreicht werden, dass das Bachbett kurz vor der Untersuchungsstrecke sehr breit und flach war.

Die Temperatur sank im **Naggarbach** im Januar 1997 bis auf 4,7°C ab und stieg während der Sommermonate Mitte Juli bis auf 21,1°C. Während der 8-tägigen Driftuntersuchungen 1996 im Juni schwankte die Temperatur zwischen 14,1 und 20,5°C.

Im **Raogibach** lag die tiefste gemessene Wassertemperatur im Dezember 1997 bei 3,9°C und stieg im Juli auf 21,1°C an.

Im **Solangbach** lag die Temperatur des Gewässers um 12.00 Uhr mittags im Mai bei 8,1°C, im Juni bei 8,8°C und im September bei 9,6°C.

Im **Karolbach** wurden im September 1997 10,2°C gemessen. Im Mai 1996 lag die Temperatur bei 11,0°C und im Juli 1995 bei 12,2°C. Bei den Tagesgangmessungen im Mai 1996 schwankten die Temperaturen zwischen 8,1°C und 11,2°C.

4.1.2 Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit war bei allen Gewässern in den Wintermonaten höher. Mit einsetzender Schneeschmelze und bei Regenfällen ging die Leitfähigkeit generell zurück, wobei sie kurz nach Einsetzen der Regenfälle durch Oberflächenabfluss zuerst

[1] Die Werte in den Graphiken sind, soweit nicht anders vermerkt, aus dem Jahr 1997, da hier ein mehr oder weniger vollständiger Jahreszyklus vorliegt. Die Messungen aus den Jahren 1995 und 1996 sind zur Ergänzung herangezogen worden.

anstieg und dann deutlich zurückging. Beispielsweise stieg im Naggarbach im Juni 1996 während der Driftmessungen die Leitfähigkeit kurzfristig auf 430 µS/cm an und sank dann auf 180 µS/cm.

Die Leitfähigkeitswerte lagen im **Kunoibach** bei 46 µS/cm im Dezember 1997 und sanken im Juni 1997 auf 30 µS/cm. Im Jahr 1995 sank die Leitfähigkeit im Juni sogar bis auf 28 µS/cm und im März 1996 wurde eine Leitfähigkeit von 55 µS/cm gemessen. Bei den Tagesgangmessungen im Juni 1995 lag die Leitfähigkeit zwischen 31 µS/cm und 32 µS/cm und im August 1995 zwischen 17 µS/cm und 26 µS/cm.

Der **Naggarbach** zeigte die höchste Leitfähigkeit. Dies ist wahrscheinlich auf Kalk- und Sandgestein im oberen Einzugsgebiet zurückzuführen. Dafür sprechen auch die chemischen Werte von Gesamt- und Carbonathärte (Kap. 4.2). Im Winter lag die Leitfähigkeit bei 217 µS/cm. Nach Regenfällen sank sie während der frühen Sommermonate (April) auf 178 µS/cm und stieg dann wieder bis auf 216 µS/cm im Juni an. Nach weiteren starken Regenfällen in diesem Monat blieb die Leitfähigkeit bei 200 µS/cm bis 210 µS/cm. Möglicherweise gelangten Spritzmittelrückstände ins Gewässer, da im oberen Einzugsgebiet mehrere Apfelplantagen liegen, die zu dieser Zeit chemisch behandelt wurden (Kap. 4.3). Anfang August fiel die Leitfähigkeit nach starken Regenfällen auf unter 160 µS/cm ab.

Im **Nishallahbach** lag die Leitfähigkeit im Januar bei 159 µS/cm und sank im Sommer (Mai) nach Regenfällen auf 76 µS/cm.

Im **Raogibach** lag die Leitfähigkeit im Mai bei 79 µS/cm. Dieser niedrige Wert ist wahrscheinlich auf die einsetzende Schneeschmelze zurückzuführen. Während des Monsuns schwankte die Leitfähigkeit zwischen 112 µS/cm und 126 µS/cm und stieg im Dezember auf 133 µS/cm an.

Im **Solangbach** wurde im Mai eine Leitfähigkeit von 92 µS/cm, im Juni von 71 µS/cm und im September von 100 µS/cm gemessen.

Im **Karolbach** lag die Leitfähigkeit im September 1997 bei 145 µS/cm. Im Mai 1996 betrug sie 143 µS/cm und im Juli 1995 156 µS/cm.

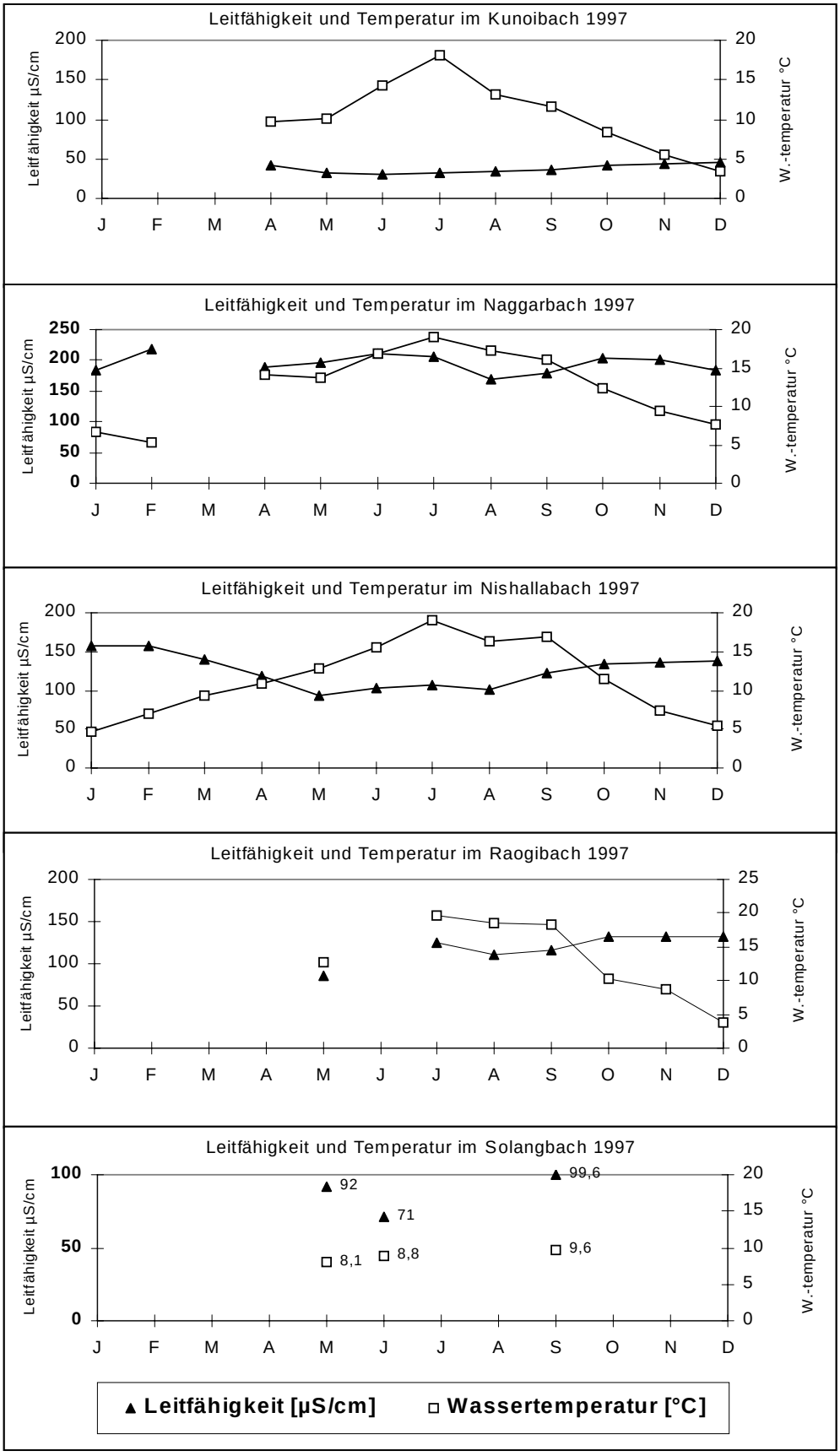

Abb. 4.1: Temperatur und Leitfähigkeit in den Untersuchungsgewässern

4.1.3 Niederschlag

Die Niederschlagsmessungen begannen 1996 im Juni. In diesem Jahr wurden die Hauptniederschlagsmengen im Juli und August gemessen. Danach gingen die Niederschläge zurück. Im November regnete es überhaupt nicht und im Dezember wenig.

Von Januar bis März 1997 stiegen die Niederschläge und gingen dann im von April bis Juni zurück. Während der Monsunzeit war die Niederschlagsmenge wie im Vorjahr hoch und sank im September und Oktober. Im November 1997 fiel die Niederschlagsmenge von 420 mm, zum Teil als Schnee. Das ist außergewöhnlich, denn normalerweise liegt die durchschnittliche Niederschlagsmenge im November bei 50 mm (SINGH, 1989). Generell zeichnete sich das Jahr 1997 durch überdurchschnittlich hohe Niederschläge aus. Insgesamt fielen 2220 mm Regen. Der durchschnittliche Jahresniederschlag in der Region liegt bei 1230 mm (SINGH, 1989; SCHNEIDER, 1995).

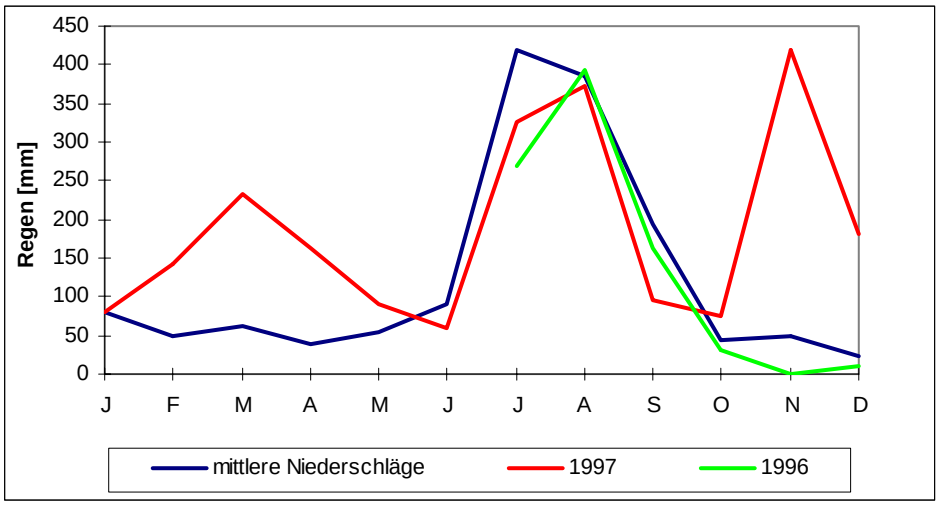

Abb. 4.2: Niederschläge im Kullutal: mittlere Niederschläge nach Singh (1989) und gemessene Niederschläge von Juni 1996 bis Dezember 1997

4.2 Chemische Ergebnisse

Die Feldchemikalien von Merck können nur einen Eindruck über die chemischen Verhältnisse im Gewässer vermitteln. Die Nachweisgrenzen von Ammonium und Phosphat reichen nicht aus, um die chemischen Grundwerte des Gewässers festzustellen (Kap. 3.7). Es kann aber ausgeschlossen werden, dass starke Belastungen vorlagen. In Tabelle 4.1 sind die Ergebnisse der chemischen Untersuchung aufgeführt.

Die Nitratwerte lagen im **Kunoibach** zwischen 10 mg/l und 25 mg/l. Ammonium lag in der Regel unter der Nachweisgrenze von 0,2 mg/l. Nur im Juni 1995 nach Regen wurden 0,5 mg/l gemessen. Phosphat lag immer unterhalb der recht hohen Nachweisgrenze. Die Silikatwerte schwankten zwischen 2,0 mg/l und 3,0 mg/l. Die Gesamthärte war gering. Es wurden Werte zwischen 0,6 °dH und 1,2 °dH gemessen und die Carbonathärte lag entsprechend zwischen 0,2 °dH und 1,0 °dH. Die Sauerstoffmessungen ergaben 8,0 mg/l und 9,0 mg/l. Der biologische Sauerstoffbedarf BSB_5 war 0,3 mg/l. Allerdings ergab die Messung einer Probe, die kurz nach Regenfällen entnommen wurde, eine vollständige Sauerstoffzehrung.

Auch im **Nishallahbach** lagen die Nitratwerte zwischen 10 mg/l und 25 mg/l. Ammonium war selten und Phosphat nie nachzuweisen. Der Silikatgehalt schwankte zwischen 1,5 mg/l und 2 mg/l. Die Gesamthärte lag zwischen 2,4 °dH und 3,8 °dH, die Carbonathärte zwischen 1,6 °dH und 3,2 °dH. Die Sauerstoffwerte lagen zwischen 8,0 mg/l und 9,5 mg/l; der biologische Sauerstoffbedarf BSB_5 lag zwischen 0,2 mg/l und 1,5 mg/l.

Die Nitratwerte waren im **Naggarbach** höher als im Kunoibach und Nishallahbach. Es wurden Werte bis 50 mg/l gemessen. Der Ammoniumgehalt lag unter der Nachweisgrenze; ebenso der Phosphatgehalt. Der Silikatgehalt lag zwischen 4 mg/l und 6 mg/l. Auch die Härte lag deutlich über den Härtenbereichen der beiden anderen Gewässer. Die Gesamthärte betrug 4,5 °dH bis 5,5 °dH und die Carbonathärte 3,8 °dH bis 4,6 °dH. Der Sauerstoffgehalt schwankte zwischen 7,5 mg/l und 11,1 mg/l (im Winter). Die Sauerstoffzehrung betrug nach fünf Tagen 0,2 mg/l, 1,4 mg/l und 2 mg/l.

Im **Raogibach** wurde im Juni und Dezember ein Nitratgehalt von 25 mg/l und ein Ammoniumgehalt von 0,4 mg/l und 0,2 mg/l festgestellt. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass an der Untersuchungsstelle Schafe und Ziegen zur Tränke geführt werden. Phosphat war nicht nachweisbar. Silikatgehalt bei 3 mg/l. Die Gesamthärte betrug 4,0 °dH und 3,0 °dH und die Carbonathärte 2,5 °dH und 3,0 °dH. Sauerstoff und biologischer Sauerstoffbedarf wurden nicht bestimmt.

Im **Solangbach** lagen die Nitratwerte unter 25 mg/l. Phosphat und Ammonium war nicht nachweisbar. Die Silikatwerte lagen zwischen 1,0 und 1,5 mg/l. Die Gesamthärte schwankte zwischen 2,0 °dH und 2,8 °dH und die Carbonathärte zwischen 1,0 °dH und 2,3 °dH. Es wurden keine Sauerstoffmessungen durchgeführt.

Auch im **Karolbach** lagen die Nitratwerten unter 25 mg/l und Phosphat und Ammonium waren nicht nachweisbar. Der Silikatwert schwankte zwischen 1,5 mg/l und 3,0 mg/l. Die Gesamthärte lag zwischen 4,0 °dH und 3,5 °dH und die Carbonathärte zwischen 3,0 °dH und 2,9 °dH. Sauerstoffmessungen wurden nicht durchgeführt.

Tab. 4.1: Temperatur, Leitfähigkeit und Ergebnisse der chemischen Analysen in den Untersuchungsgewässern

Probestelle	Datum	Zeit	Nitrat	Amm.	Sauers.	Phosphat	Silizium	Calcium	Carbonath.	Gesamth.	BSB 5
Nachweisgrenze			10-150 mg/l	0,2-5 mg/l	0,1 mg/l	0,2-3,0 mg/l	0,3-10 mg/l	2,0 mg/l	0,2 °dH	0,25-5,6 °dH	0,1 mg/l
Kunoibach	30.04.97	12.00	25,0	0,2		n.n.	3,0	<2	0,2	1,0	
Kunoibach	23.07.97	12.00	25,0	< 0,2		n.n.	2,5	<2	1,0	1,2	
Kunoibach	24.09.97	12.00	25,0	n.n.		n.n.	3,0	n.n.	0,8	1,0	
Kunoibach	23.12.97	12.00	25,0	n.n.		n.n.	2,5	<2	1,0	1,2	
Kunoibach	29.04.96	16.30	25,0	<0,1		n.n.	3,0	6,0	0,5	0,8	
Kunoibach	22.10.96	12.00	25,0	< 0,2		n.n.	2,5	5,0	0,6	1,2	
Kunoibach	29.11.96	12.00	25,0	< 0,2		n.n.	3,0	5,0	0,6	1,2	
Kunoibach n. Regen	19.06.95	16.00	<10	0,5	8,5	n.n.	2,9	<2	0,4	1,0	8,5
Kunoibach	24.07.95	18.00	<10	n.n.	8,0	n.n.	2,0	2,0	0,4	0,6	0,3
Kunoibach	24.06.95	12.00	<10	n.n.	9,0	n.n.	2,0	n.n.	0,5	0,7	
Nishallahbach	01.05.97	12.00	25,0	< 0,2		n.n.	1,5	<10	2,0	2,8	
Nishallahbach	24.07.97	12.00	25,0	n.n.	8,1	n.n.	1,5	<10	2,5	3,0	
Nishallahbach	25.09.97	12.00	25,0	n.n.	8,0	n.n.	2,0	20,0	2,4	3,5	1,5
Nishallahbach	27.12.97	12.00	25,0	0,2		n.n.	2,0	25,0	3,0	3,6	
Nishallahbach	28.04.96	15.00	25,0	n.n.	9,0	n.n.	1,5	17,0	1,6	2,4	0,2
Nishallahbach	07.06.96	13.00	< 10	n.n.		n.n.	2,0	15,0	2,0	3,0	
Nishallahbach	24.10.96	14.00	<10	< 0,2	9,5	n.n.		32,0	3,2	3,8	
Naggarbach	23.07.97	12.00	25,0	< 0,2	7,5	n.n.	5,0	25,0	3,8	5,0	1,4
Naggarbach	24.09.97	11.00	25-50	< 0,2		n.n.	5,0	30,0	3,8	5,0	
Naggarbach	24.12.97	12.00	25,0	n.n.		n.n.	4,0	30,0	4,0	4,8	
Naggarbach	27.04.96	15.00	25,0	<0,2		n.n.	5,0	30,0	4,0	4,5	
Naggarbach	06.06.96	16.00	< 10	<0,2		n.n.	6,0	35,0	4,0	5,0	
Naggarbach	18.06.96	17.00	25,0	0,2	8,6	n.n.	5,0	30,0	4,6	5,5	2
Naggarbach	29.10.96	15.30	50,0	n.n.	8,8	n.n.	5,0	28,0	4,2	4,5	0,2
Naggarbach	30.11.96	14.00	25,0	< 0,2		n.n.	4,0	30,0	4,2	5,0	
Naggarbach	02.12.96	12.00			11,1						2
Raogibach	26.09.97	12.00	25,0	0,4		n.n.	3,0	25,0	2,5	3,0	
Raogibach	22.12.97	12.00	25,0	0,2		n.n.	3,0	35,0	3,0	4,0	
Solangbach	19.06.97	12.00	<25	n.n.		n.n.	1,0	<6	1,0	2,0	
Solangbach	22.09.97	11.00	<25	n.n.		n.n.	1,5	30,0	2,3	2,8	
Karolbach	30.09.97	13.00	<25	<0,2		n.n.	3,0	20,0	3,0	4,0	-
Karolbach	05.05.96	15.00	< 10	n.n.	8,9	n.n.	1,5	22,0	2,9	3,5	0,9

4.3 Einfluss von Spritzmitteln

Im oberen Einzuggebiet des Naggarbaches liegen Apfelplantagen. Diese Bäume werden während des ganzen Jahres mit verschiedenen Spritzmitteln behandelt. Es ist anzunehmen, dass vor allem bei Regen Giftstoffe in den Naggarbach eingeschwemmt werden. Eine chemische Analyse des Bachwassers, die einen solchen Eintrag von Chemikalien in das Gewässer nachweisen könnte, war jedoch nicht möglich.

Während der Wintermonate werden Kupferoxid und sogenannte Baumöle gespritzt. Im Frühjahr, nach der Apfelblüte, werden verschiedene Substanzen gespritzt, deren Inhalte den Anwendern nicht bekannt sind. Im Mai, wenn sich die ersten Früchte bilden, wird ein Antimykotikum bis zur Ernte in 14-tägigen Abständen gespritzt. Manchmal werden Insektizide beigemischt. Über die genauen Mengen, die gespritzt werden, ist nichts bekannt. Generell ist die Menge an ausgebrachten Spritzmitteln zurückgegangen, da sie nicht mehr kostenlos von der Regierung verteilt werden. Spritzmittel werden aber noch staatlich subventioniert und sind daher preisgünstig.

Im Juni war die Überlebensrate der im Naggarbach in Schlupfbechern ausgebrachten Tiere sehr niedrig. Eine große Anzahl der Tiere starb kurz nach Ausbringen der Schlupfbecher in das Gewässer. Auch die Zahl geschlüpfter Ephemeropteren im Emergenzhaus ging stark zurück. In dieser Zeit waren keine schlupfreifen Larven im Naggarbach, obwohl im vergangenen Jahr Anfang Juni viele vorhanden waren. Es traten nur kleine Larven von der Größe 5 mm bis 6 mm auf. Möglicherweise sind durch die einsetzenden Monsunregen Insektizide ins Gewässer gelangt sind.

5. Die Heptageniidae im Kullutal

5.1 Vorbemerkung

Zur Zeit existiert kein allgemein anerkanntes taxonomisches Konzept für die Genera innerhalb der Familie Heptageniidae. Für eine Klärung der taxonomischen und nomenklatorischen Situation ist eine synoptische Revision der einzelnen Gattungen erforderlich. Vielfach ist auch die Zuordnung von Larven zu Imagines eines nominalen Taxons nicht gesichert.

Für die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten der Familie Heptageniidae konnten in der vorliegenden Arbeit jeweils Nymphen zu Imagines aufgezogen werden, so dass eine sichere Zuordnung gewährleistet ist. Die Bestimmung der Belegexemplare nahm Herr Dr. E. Bauernfeind vom Naturhistorischen Museum in Wien vor. Die Bestimmung der Arten in den Benthos- und Emergenzproben erfolgte von mir an Hand dieser Belegexemplare. Taxonomisch relevante Erkenntnisse werden an geeigneter Stelle publiziert werden.

Um den Vergleich mit anderen Autoren zu erleichtern, wird im Folgenden ein kurzer Abriss zur Taxonomie gegeben.

5.2 Kurzer Abriss der taxonomischen und nomenklatorischen Situation

Im Gegensatz zu den meisten anderen Autoren faßt KLUGE (1988) die Gattung *Ecdyonurus* sehr weit, so dass er *Afghanurus* und *Electrogena* als Synonyme von *Ecdyonurus* sensu lato auffasst. Die palaearktischen Vertreter von *Iron* sensu BRAASCH werden von KLUGE (1988) in der Untergattung *Ironopsis* innerhalb der Gattung *Epeorus* zusammengefasst. Bezüglich der Gattung *Rhithrogena* gibt es keine Unterschiede in der Abgrenzung oder Definition.

5.2.1 *Afghanurus* DEMOULIN, 1964

Das aus dem Kullutal vorliegende Taxon entspricht in den männlichen Imagines der Beschreibung von DEMOULIN (1964). Die bisher unbeschriebenen Larven, sowie weibliche und männliche Imagines, konnten durch Aufzuchten, die während des Untersuchungszeitraumes durchgeführt wurden, eindeutig zugeordnet werden.

Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964
Bisher bekannte Verbreitung: Afghanistan (DEMOULIN, 1964); Himalaya (BRAASCH et al., 1982); Nepal, Kaschmir (BRAASCH, 1981c). Folgt man KLUGE (1988) und BRODSKY (1930, 1980), die die Synonymie der Art mit *Ecdyonurus rubrofasciatus* für wahrscheinlich halten, dehnt sich das Verbreitungsgebiet bis zu den Gebirgen des Tien Shan und dem westlichen Pamir aus.

5.2.2 *Electrogena* ZURWERRA & TOMKA, 1985

Im untersuchten Material vorkommende männliche Imagines können dieser Gattung im Sinne der Definition von ZURWERRA et al., (1985) zugeordnet werden. Genitalmorphologisch finden sich keine von den bekannten europäischen Vertretern abweichende Strukturen. Vergleichsmaterial: *E. lateralis, E. ujhelyii* (coll. Bauernfeind NMW). Die Vorderflügel weisen auffällig dunkle Queradern zwischen Costa und Radius auf (BRAASCH 1984 a,b, sub *Ecdyonurus*). Die Zugehörigkeit der Larven und weiblicher Imagines ist durch Aufzuchten aus dem Kullutal gesichert.

Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937) comb. nov., transf.v. *Ecdyonurus*.
Bisher bekannte Verbreitung: Khasi Hills, Indien.
Von HUBBARD et al. (1978) wurde die Art aus nomenklatorischen Gründen unter *Ecdyonurus indiens* angeführt.

5.2.3 *Epeorus* EATON, 1881

Eine Nymphenform aus dem Untersuchungsmaterial kann der Gattung *Epeorus* EATON, 1881 im Sinne der ergänzenden Beschreibung von ZURWERRA et al. (1986), zugeordnet werden. Das erste Kiemenpaar ist nur mäßig vergrößert und ventral durch einen deutlichen Abstand getrennt. Alle gattungsrelevanten (larvalen) Strukturen sind entsprechend denen der europäischen Vertreter ausgebildet. Vergleichsmaterial: *E. sylvicola; E. rhithralis, E. bispinosus* (topotypisches Material aus Nepal, coll. Bauernfeind, NMW). Durch Aufzuchten vor Ort konnte die Zugehörigkeit männlicher und weiblicher Imagines gesichert werden.

Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980a
Bisher bekannte Verbreitung: Nepal

5.2.4 *Iron* EATON, 1883

Im Untersuchungsmaterial vorkommende Nymphen mit 2 Schwanzanhängen und ventral zusammenstoßendem ersten Kiemenpaar werden hier der Gattung *Iron* EATON, 1883 zugeordnet. Dies entspricht der Vorgehensweise von BRAASCH (1979, 1980a), von dem die meisten bisher bekannt gewordenen nominalen Arten der Gattung aus dem Himalaya und Mittelasien (sensu BRAASCH, 1980b = Usbekistan, Kasachstan, Kirgisistan und Tadschikistan) beschrieben wurden. Vergleichsmaterial: *I. martensi* (topotypisches Material aus Nepal, coll. Bauernfeind, NMW); *I. longimanus, I. montanus* (coll. Soldán, OÖLMus.)

Iron psi (EATON, 1883)
BRAASCH (1981a) transferierte dieses Taxon von *Epeorus* in die Gattung *Iron*. Die Art wurde von EATON aus dem Kullutal beschrieben; es handelt sich also um topotypisches Material. Die Zuordnung männlicher und weiblicher Imagines zu den Larven ist durch Aufzuchten von verschiedenen Probestellen gesichert.
Bisher bekannte Verbreitung: Indien; Nepal (BRAASCH, 1980a, 1981a). Bei dem von ULMER (1912) aus China unter diesem Namen gemeldeten Taxon handelt es sich um *Epeorus erratus* BRAASCH, 1981a.

Iron martensi BRAASCH, 1981a
Bisher bekannte Verbreitung: Nepal und Kaschmir. Die Form entspricht der Originalbeschreibung, sowie topotypischem Material aus Nepal (Nymphen, coll. Bauernfeind, NMW).
Die Angaben in TRAVER (1939): unbenannt, sub"double spined allies of the genus Iron" beziehen sich offensichtlich auf diese Art (BRAASCH, 1981a). Männliche und weibliche Imagines konnten durch Aufzuchten vor Ort den Nymphen zugeordnet werden.

Iron nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976
Bisher bekannte Verbreitung: Mittelasien. Die Form entspricht der Originalbeschreibung bei SINITSHENKOVA und der Redeskription von BRAASCH (1979). Die Zugehörigkeit von männlichen und weiblichen Imagines zu Nymphen ist durch Aufzuchten aus den Gewässern im Kullutal abgesichert.

Iron sinespinosus BRAASCH, 1978
Bisher bekannte Verbreitung: Mittelasien. Die Larven entsprechen der Originalbeschreibung von BRAASCH (1978). Die bisher unbekannten männlichen und weiblichen Imagines konnten erstmals durch Aufzuchten den Larven zugeordnet werden.

Iron cf. montanus BRODSKY, 1930
Bisher bekannte Verbreitung: Mittelasien. Die Form entspricht der Originalbeschreibung von BRODSKY und der ergänzenden Beschreibung von KUSTAREVA (1976). Die Zugehörigkeit von männlichen Subimagines zu Nymphen ist durch Aufzuchten gesichert (Fundort: Indus bei Leh). Imagines liegen nicht vor

5.2.5 *Rhithrogena* EATON, 1881

Im Untersuchungsmaterial vorkommende Nymphen mit 3 Schwanzanhängen und ventral zusammenstoßendem ersten Kiemenpaar wurden der Gattung *Rhithrogena* EATON, 1881 zugeordnet. Alle gattungsrelevanten Merkmale entsprechen der Typusart *Rh. semicolorata* (CURTIS, 1834). Vergleichsmaterial: (Nymphen, männliche Imagines) *Rh. semicolorata*, *Rh. alpestris, Rh. kashmiriensis* (coll. Bauernfeind, NMW) und *Rh. tianshanica* (coll. Soldán, OÖLMus.).

Rhithrogena tianshanica BRODSKY, 1930
Bisher bekannte Verbreitung: Tien Shan und westliches Pamir (BRODSKY, 1980); Indien (Ladakh), Nepal (BRAASCH 1981a). Die Form entspricht der Originalbeschreibung von BRODSKY und der Redeskription bzw. Beschreibung der Nymphe von KUSTAREVA (1976). Die Zugehörigkeit von männlichen und weiblichen Imagines zu den Nymphen ist durch Aufzuchten gesichert.

Rhithrogena sp. I.
Von dieser Art liegen Larven, Subimagines und weibliche Imagines vor. Da keine Männchen vorliegen, wurde eine Zuordnung zu einem nominalen Taxon nicht vorgenommen.

5.3 Schlüssel zur Bestimmung der Larven der Heptageniidae im Kullutal[3]

1 - 2 Schwanzanhänge **2**
- 3 Schwanzanhänge **8**

2 - 1. Kiemenpaar nur mäßig vergrößert, nicht ventral zusammenstossend ***Epeorus*** **3**

- 1. Kiemenpaar stark vergrößert, ventral zusammenstossend und mit den anderen Kiemen eine Art Saugnapf bildend ***Iron*** **4**

3 - 1 Paar mediodistaler Dornen auf Abdominaltergiten 1-9; Körpergestalt länglich; Femora dorsal mit Mittelfleck ***Epeorus bispinosus***

4 - Femora mit Mittelfleck; schwarze Zeichnung auf den Abdominaltergiten **7**

- Femora ohne Mittelfleck; Abdominaltergite ± ungezeichnet **5**

5 - Abdominaltergite ohne mediodistaler Dorn oder ein unpaarer Mitteldorn auf den Abdominaltergiten 1-9 **6**
- Dornen auf den Abdominaltergiten: paarig auf den ersten 5 Segmenten, einzelner Mitteldorn auf den letzten 4 Segmenten ***Iron martensi***

6 - Dorsal auf den Abdominaltergiten ein langausgezogener spitzer Dorn ***I. cf. montanus***[4]
- keine Dornen auf den Abdominaltergiten; Abdominaltergite in der Mitte des Hinterrandes nach innen gebuchtet ***I. sinespinosus***

7 - Dorsalrand der Femura distal in einen langen spitzen Dorn ausgezogen; deutliche Psi-Zeichnung auf den Abdominaltergiten ***I. psi***
- Dorsalrand der Femura distal nur mäßig verlängert, die Ausbuchtung stumpf schwarze Dreiecke auf den Abdominaltergiten ***I. nigripilosus***

8 - 1. Kiemenpaar lateral nach oben weisend, kleiner als Kieme 2; Kiemen bewegl. **9**
- 1. Kiemenpaar ventral gelegen, vergrößert, größer als Kieme 2; Kiemen unbeweglich **10**

9 - Tergithinterränder mit einem einfachen mediodistalen Dorn ***Electrogena eatoni***
- Tergithinterränder ohne mediodistalen Dorn ***Afghanurus vicinus***

10 - groß; Beine und Cerci oft orange gefärbt ***Rhithrogena tianshanica***
- kleiner; dunkler gefärbt ***Rhithrogena sp.***

[3] Der Bestimmungsschlüssel gilt nur für ausgewachsenen Larven

[4] Larven dieser Art konnten bisher im Kullutal nicht gesammelt werden. Es liegt nur eine männliche Subimago vor.

5.4 Ökologie der Heptageniidae im Kullutal

5.4.1 *Afghanurus vicinus* DEMOULIN, 1964

Durch Aufzuchten von männlichen Imagines konnten die bisher unbeschriebenen Larven dieser Art zugeordnet werden. Die Beschreibung wird an anderer Stelle erfolgen.

Abb. 5.1: *Afghanurus vicinus*, weibliche Imago

Auch weibliche Imagines konnten aus den Larven aufgezogen werden, so dass alle Stadien dieses Taxons nun vorliegen (Abb. 5.1).

Larven dieser Art waren selten und traten nur im Nishallahbach im Juni und Juli 1997[5] und von Mai bis Juli 1997 im Raogibach auf (Abb. 5.2). Schlupfreife Larven mit dunklen Flügelscheiden lagen ab Ende Juni in beiden Gewässern vor. Von Ende Juni bis Ende Juli 1997 konnten aus schlupfreifen Larven mehrere erfolgreiche Aufzuchten bis zur Imago durchgeführt werden. Im August kamen in beiden Gewässern keine Larven dieser Art mehr vor.

Die Entwicklung der Larven von *A. vicinus* ist in den untersuchten Gewässern um einen Monat zeitlich verschoben. Im Nishallahbach beginnt und endet die Entwicklung dieser Art später (Chi-Quadrat-Homogenitätstest: $p < 0,01$).

Im Dezember 1997 wurden Larven gesammelt, deren Größe unter 5 mm lag. Bei Larven dieser Größe ist eine eindeutige Artbestimmung zweifelhaft und es bleibt unklar, ob es sich bei den gesammelten Larven um *A. vicinus* oder um *Electrogena eatoni* handelte.

Larven von *A. vicinus* kamen ausschließlich auf steinig kiesigem Substrat vor.

Im Gegensatz zu den Arten der Gattung *Epeorus* und *Iron* können Larven dieser Art ihre Kiemen bewegen. Im Aquarium überlebten Larven dieser Art trotz häufiger Stromausfälle länger als zwei Wochen. Larven der Gattungen *Epeorus* und *Iron* reagierten empfindlicher auf sinkende Sauerstoffkonzentrationen und starben nach kurzer Zeit.

Auffällig war das synchrone Schlüpfen der Subimagines. Selbst Larven, die an verschiedenen Tagen im Nishallahbach gesammelt und dann in den Schlupfbechern im Naggarbach unterschiedlich lang zur Aufzucht ausgebracht worden waren, schlüpften jeweils am selben Tag (Kap. 3.3).

[5]Die nachfolgenden jahreszeitlichen Angaben über das Vorkommen der einzelnen Arten beziehen sich, sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt, immer auf das Untersuchungsjahr 1997. Die Daten aus den Jahren 1995 und 1996 wurden zur Überprüfung der Aussagen herangezogen, werden aber in den graphischen Darstellungen nicht berücksichtigt, da keine vollständigen Jahreszyklen vorhanden sind. Die Ergebnisse des Karolbaches werden graphisch nicht berücksichtigt, da nur von September 1997 Daten vorliegen.

Zum Schlüpfen kam die Larve an die Wasseroberfläche und die Subimago schlüpfte direkt von der Wasseroberfläche (Beobachtungen im Labor). In den Schlupfbechern im Gewässer schlüpften die Subimagines in der Regel in den Nachmittagsstunden und jeweils ein bis zwei Tage später schlüpften die Imagines. Im Material lag bei den Imagines ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis vor.

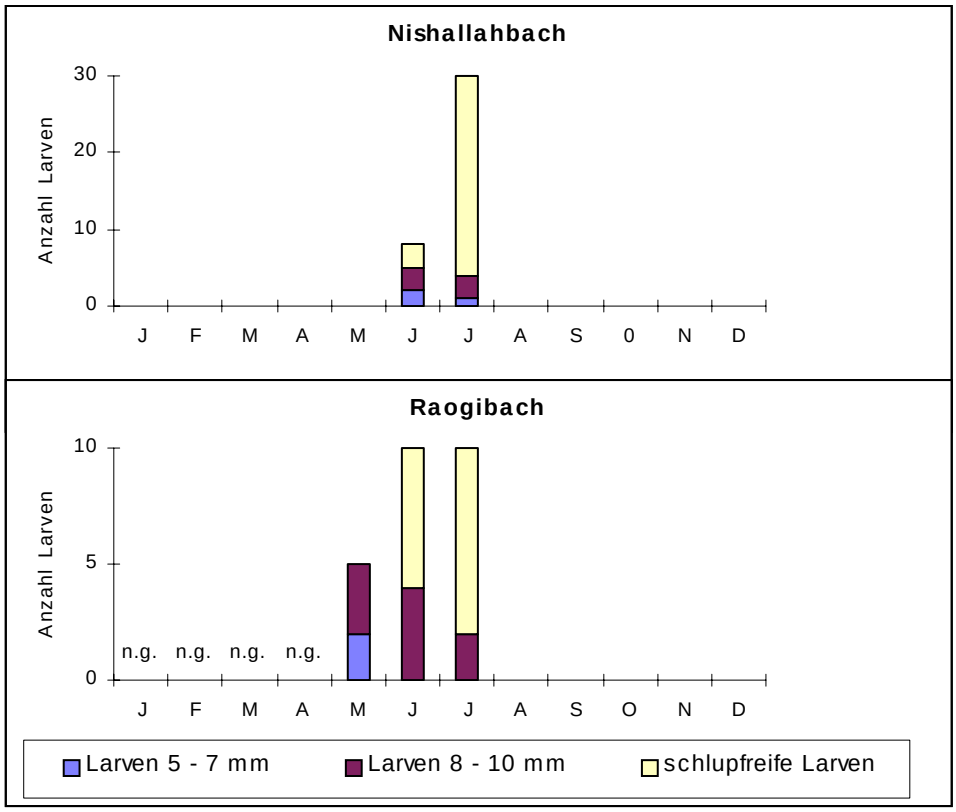

Abb. 5.2: Vorkommen und Größenverteilung von *Afghanurus vicinus* in den Untersuchungsgewässern 1997.
n.g.: nicht gemessen.

5.4.2 *Electrogena eatoni* (KIMMINS, 1937) comb. nov., transf.v. *Ecdyonurus*

Die Larven von *Electrogena eatoni* kamen in allen Untersuchungsgewässern in unterschiedlichen Häufigkeiten vor (Abb. 5.3). Die jahreszeitliche Verteilung in den Untersuchungsgewässern ist höchst signifikant verschieden (Chi-Quadrat-Homogenitätstest: $p<0,001$). Im Kunoibach 1997 traten die Larven erst im September nach dem Monsun auf und waren in dieser Zeit mit 52 % die dominante Art innerhalb der Familie der Heptageniidae. Im Vorjahr befanden sich nur im Juli zwei Larven in den Benthosproben. Ende Oktober traten nur noch wenige Larven auf, die alle schlupfreif waren. Die Imagines dieser Larven schlüpften Anfang November. In den Benthosproben Ende November kamen keine Larven von *El. eatoni* mehr vor (Abb. 5.4).

Abb. 5.3: *Electrogena eatoni* mit weißen Flecken (Sep., Naggar 1997)

Im Naggarbach dagegen traten Larven dieser Art fast das ganze Jahr 1997 auf, wobei die höchsten Individuenzahlen im Juni und Juli gefunden wurden. In diesen Monaten gab es auch den größten Anteil schlupfreifer Larven. In den anderen Monaten waren nur wenige schlupfreife Larven in den Benthosproben (Abb. 5.4). Dazu passen die Ergebnisse aus der Emergenzfalle (Kap. 6.3). Wie aus den Benthosproben zu erwarten war, schlüpfte *El. eatoni* im Juni am häufigsten. Die Zahl der geschlüpften Imagines geht im Juli zurück, bevor im August *El. eatoni* wieder vermehrt schlüpfte. In den Benthosproben, die Ende August genommenen wurden, befanden sich kaum Larven von *El. eatoni* und in den Septemberproben 1997 konnten nur nicht schlupfreife Larven nachgewiesen werden. Trotzdem fanden sich im Oktober 25 Imagines und im November noch drei Imagines dieser Art in der Emergenzfalle. Der prozentuale Anteil

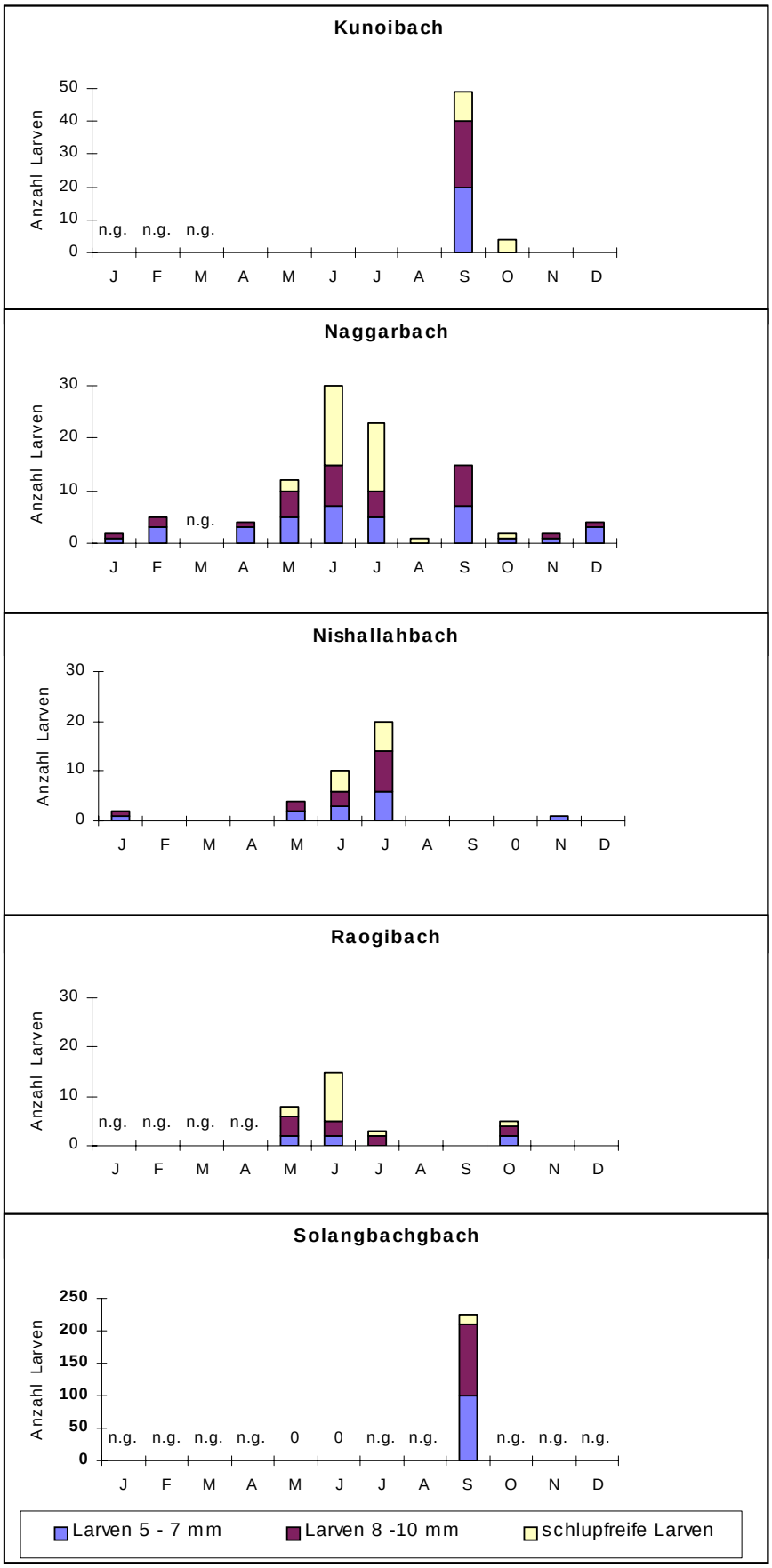

Abb. 5.4: Vorkommen und Größenverteilung von *Electrogena eatoni* in den Untersuchungsgewässern 1997; n.g.: nicht gemessen.

der geschlüpften Tiere von *El. eatoni* liegt im Juli und August höchst signifikant über dem von *E. bispinosus* (Kap. 6.3).

Im Nishallahbach traten Larven von *El. eatoni* von Mai bis Juli und vereinzelt im Januar und November auf. Schlupfreife Larven waren im Juni und Juli vorhanden. Im weiter unten im Tal gelegenen Raogibach trat die Art von Mai bis Juli und Oktober auf und es waren immer schlupfreife Larven vorhanden, wobei die höchste Anzahl schlupfreifer Larven im Juni auftrat (Abb. 5.4).

Im Solangbach waren die Larven von *El. eatoni* sehr häufig. Wie im Kunoibach kam die Art erst ab September vor und war dann die dominierende Heptageniide (Kap. 8.1).

Im Karolbach traten schlupfreife Larven dieser Art 1996 vor und 1997 nach der Monsunzeit auf.

Die Larven von *El. eatoni* kamen an allen Probestellen auf steinigem und kiesigem Substrat vor. Im Gegensatz zu den Larven der Gattung *Iron*, die die Riffle-Zonen mit hohen Fließgeschwindigkeiten bevorzugten, hielten sich die Larven von *El. eatoni* vermehrt in den Randbereichen der Bäche auf.

Wie die Larven von *Afghanurus vicinus* kann *El. eatoni* die Kiemen bewegen und reagiert dadurch weniger empfindlich als die Arten der Gattung *Iron* auf Sauerstoffdefizit. Auch *El. eatoni* überlebte im Aquarium trotz häufiger Stromausfälle länger als 2 Wochen.

Die Larven von *El. eatoni* aus dem Solangbach wiesen am Pronotum weiße Einlagerungen auf. Dieses Phänomen trat auch bei den Larven von *El. eatoni* im Naggarbach im Spätjahr auf. Die Larven dort zeigten zum Teil im ganzen Körper weiße Flecken (Abb. 5.3). Dieses Phänomen beschreibt BRAASCH (1984 a,b) auch von Nymphen aus Nepal. Es tritt auch bei Ephemeropterenarten in Europa auf. Die Ursache dieser weißen Flecken ist noch nicht bekannt. Mit Ausnahme dieser Flecken wiesen die Larven aus dem Naggar- und Solangbach keine morphologischen Unterschiede auf. Die Aufzuchten der Larven mit weißen Einlagerungen waren nicht erfolgreich, so dass über die Imagines keine Angaben gemacht werden können.

Wie die Larven von *A. vicinus* kamen auch die Larven von *El. eatoni* an die Wasseroberfläche und die Subimagines schlüpften direkt aus dem Gewässer (Beobachtungen im Labor). Im Freiland schlüpften die Subimagines in den späten Nachmittagsstunden und nach ein bis zwei Tagen schlüpften die Imagines. Die Subimagines und die Imagines von *El. eatoni* sind negativ phototaktisch. Im Emergenzhaus saßen sie an dunklen, lichtabgewandten Stellen. Im Gegensatz dazu saßen die Imagines von *Epeorus bispinosus*, Caenidae und Baetidae an den lichtzugewandten Seiten.

Weibliche und männliche Imagines von *El. eatoni* Art überlebten im Labor bei etwa 20 °C - 30 °C zwischen drei und vier Tagen, während die Imagines von *E. bispinosus* unter den gleichen Bedingungen nur ein bis zwei Tage lebten.

Der Anteil männlicher bzw. weiblicher Imagines in der Emergenzfalle über dem Naggarbach schwankte stark, im Gegensatz zu der dort ebenfalls häufig vorkommenden *E. bispinosus*. Bei *El. eatoni* lagen die Werte bei den Weibchen anteilsmäßig zwischen 29 % und 67 % (Kap. 6.3.1).

5.4.3 *Epeorus bispinosus* BRAASCH, 1980

Epeorus bispinosus (Abb. 5.5) kam in allen Untersuchungsgewässern außer im Gletscherabfluss, dem Solangbach, vor. Die jahreszeitliche Verteilung ist in den Bächen höchst signifikant verschieden (Chi-Quadrat-Homogenitätstest: $p < 0{,}001$). Im Naggarbach und Raogibach war *E. bispinosus* fast das ganze Jahr die eudominante Art der Heptageniiden, während sie in den beiden anderen Gewässern weniger häufig auftrat und auch ihr prozentualer Anteil an der Heptageniidenbiozönose geringer war (Kap. 8.1).

Abb. 5.5 Larve von *Epeorus bispinosus*

Im Kunoibach kam eine einzelne schlupfreife Larve im Frühjahr vor. Danach traten erst wieder Ende August Larven von *E. bispinosus* auf und von Oktober bis Dezember kamen schlupfreife Larven dieser Art vor. (Abb. 5.6). Im Oktober und November war *E. bispinosus* die dominierende Heptageniide, während in den Monsunmonaten Juli und August *Iron martensi* und im September *Electrogena eatoni* dominant waren (Kap. 8.1). Das Auftreten von *E. bispinosus* war im Kunoibach von September bis Dezember höchst signifikant hoch im Vergleich zu den anderen Gewässern.

Dagegen traten im Naggarbach, dem Wiesenbach, die Larven von *E. bispinosus* das ganze Jahr auf. Schlupfreife Larven kamen von April bis November vor. Die höchsten Individuenzahlen wurden im August gefunden, wobei nur wenige dieser Larven schlupfreif waren. Auffällig ist, dass die Anzahl der Larven von *E. bispinosus* in den Benthosproben im September drastisch zurückging, obwohl nur wenige Imagines in dieser Zeit schlüpften (Kap. 6.3). Die Anzahl der Larven bleibt höchst signifikant hinter dem Erwartungswert zurück. Vermutlich wurde die Population durch die starken Hochwässer während des Monsuns dezimiert.
Die ersten Imagines schlüpften im April 1997 und die höchste Schlupfrate war im Mai und Juni 1997 zu verzeichnen. Während der Monsunzeit von Anfang Juli bis Anfang September schlüpften nur wenige Imagines, danach stieg deren Anzahl leicht an, bevor die Emergenz durch einen frühen Wintereinbruch bereits Mitte November fast vollständig zum Erliegen kam. Im Vorjahr 1996 schlüpften auch noch im Dezember Imagines von *E. bispinosus* (Kap. 6.3; Tab. 12.6).

Im Nishallahbach waren die Larven von *E. bispinosus* weniger häufig als im Naggarbach und die höchsten Abundanzen von *E. bispinosus* traten im September auf.

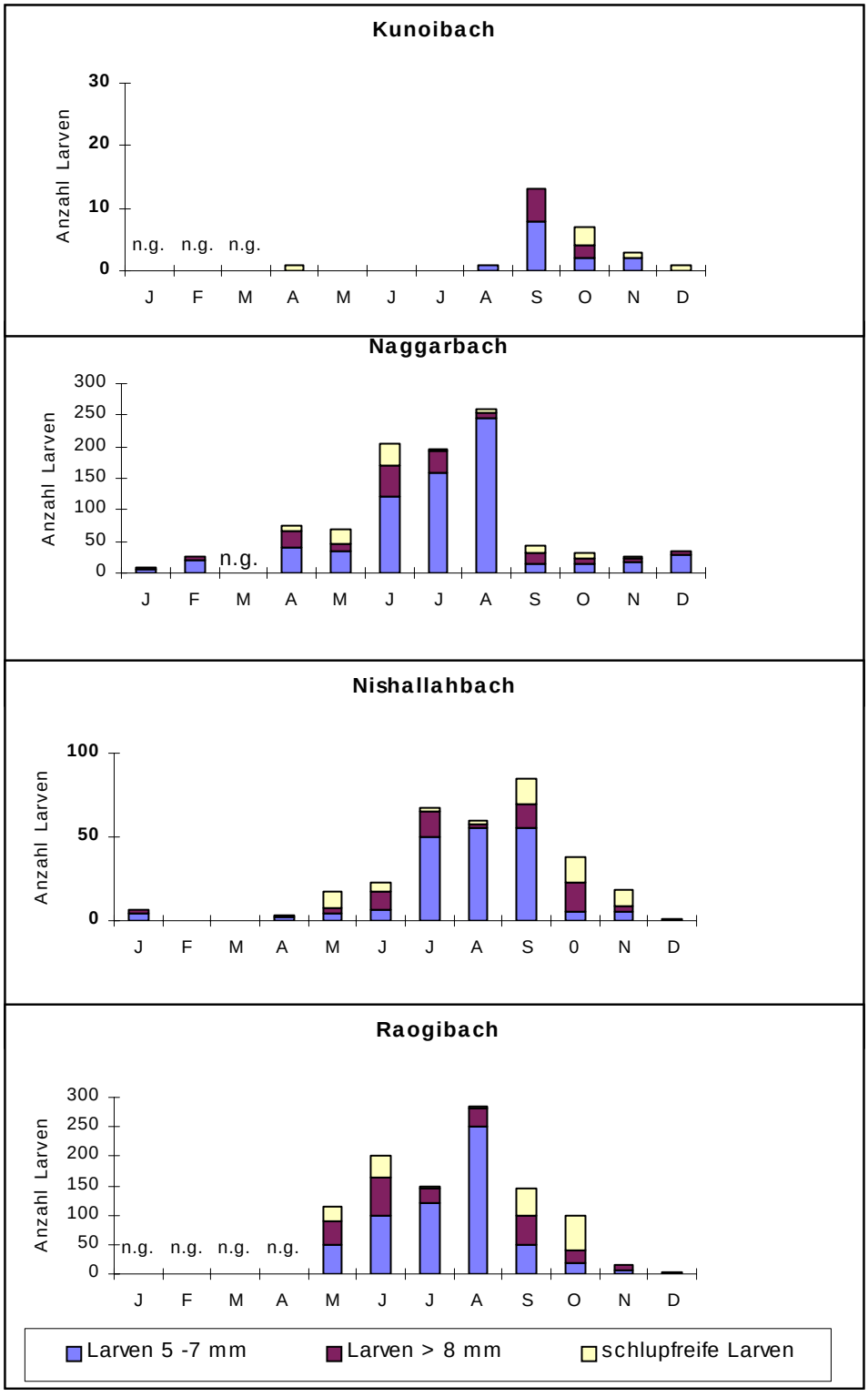

Abb. 5.6: Vorkommen und Größenverteilung von *Epeorus bispinosus* in den Untersuchungsgewässern 1997; n.g.: nicht gemessen.

Im Raogibach ist kein eindeutiger Effekt in der jahreszeitlichen Verteilung der Larven im Vergleich zu den anderen Gewässern festzustellen, auffällig ist jedoch der hohe Anteil von schlupfreifen Larven im September und Oktober.

Im Gletscherabfluss in Solang auf 2700 m ü.N.N. kamen keine Larven von *E. bispinosus* vor, während sie im Waldbach Karol auf 2600 m ü.N.N. häufig waren.

Wie die Larven von *El. eatoni* hielten sich die Larven von *E. bispinosus* in den Poolzonen und im Randbereich der Gewässer auf. Dort bevorzugten sie Steine kleiner und mittlerer Größe, zwischen denen sich Sand und Silt abgelagert hatte.

Die Larven von *E. bispinosus* reagierten äußerst empfindlich auf Silt in den Schlupfbechern. Um diese Art erfolgreich zu züchten, war es notwendig, die Schlupfbecher täglich mindestens einmal von Sand und Silt zu reinigen.

Auffällig war, dass die Larven in den Monaten Oktober bis Dezember zum Teil schon 12 mm groß, aber noch nicht schlupfreif waren, während Larven dieser Größe im Mai und Juni bereits dunkle Flügelscheiden hatten. So erreichten im Spätjahr viele Larven von *E. bispinosus* eine Größe von etwa 14 mm, bevor sie schlupfreif wurden. In allen Gewässern waren die Larven von *E. bispinosus* in unterschiedlichen Häufigkeiten mit phoretischen Simuliiden oder mit *Symbiocladius*, einer parasitischen Chironomide, besetzt (Kap. 9, Kap. 12.11).

Beim Auslesen der Makrozoobenthosproben verließen immer wieder schlupfreife Larven von *E. bispinosus* die Schale und bewegten sich mehrere Meter auf den Steinen außerhalb des Gewässers. Dieses ungewöhnliche Verhalten ist einmalig bei Larven von Ephemeropteren.

Die Subimagines von *E. bispinosus* schlüpften in den späten Vormittags- bis frühen Abendstunden. In den Schlupfbechern haftete die Exuvie oft an der Gaze oberhalb der Wasseroberfläche. Dies deutet daraufhin, dass die Larve das Gewässer verlässt, bevor die Subimago schlüpft.

Im April und Mai dauerte es zwei Tage, bis sich die Subimago zur Imago häutete. Im Juni häuteten sich die Subimagines bereits nach einer Nacht zur Imago, während es ab September wieder ein bis zwei Tage dauerte. In den Wintermonaten November und Dezember dauerte diese Morphose in der Regel fünf bis sechs Tage. Die Subimagines und Imagines sind im Gegensatz zu *Electrogena eatoni* positiv phototaktisch und hielten sich ausschließlich an der lichtzugewandten Seite des Emergenzhaus auf.

Die Größe der Imagines ist variabel. In der Regel waren die Imagines, die im Mai und Juni schlüpften, wesentlich kleiner als die nach dem Monsun von September bis November geschlüpften Tiere.

Die Anzahl der monatlich im Emergenzhaus gesammelten Imagines von *Epeorus bispinosus* schwankte stark, aber der Anteil der Weibchen war mit 64 % konstant hoch. Die jährlichen Gesamtwerte der weiblichen und männlichen Imagines weichen hochsignifikant vom Verhältnis 1:1 ab (Kap. 6.3.1).

5.4.4 *Iron martensi* BRAASCH, 1981

Die jahreszeitliche Verteilung der Larven von *I. martensi* ist in den Untersuchungsgewässern höchst signifikant verschieden (Chi-Quadrat-Homogenitätstest: $p < 0{,}001$). Im Gletscherabfluss im Solangtal und im Kunoibach war die Art sehr häufig, während sie im Nishallahbach und Raogibach nicht so zahlreich war. Im Naggarbach, dem Wiesenbach, kamen keine Larven dieser Art vor.

Im Kunoibach wurde Im Mai, Juni und August eine hohe Besiedlungsdichte an Larven von *I. martensi* festgestellt und sie waren die dominante Art innerhalb der Heptageniidenbiozönose in diesem Gewässer (Kap. 8.1). Die niedrigen Individuenzahlen im Juli 1997 sind möglicherweise auf ein Hochwasser zurückzuführen, denn im Juli 1995 waren die Larven von *I. martensi* häufig. Schlupfreife Larven kamen von Mai bis September vor, aber nur Ende Juni/Anfang Juli und im September konnten Imagines aus den schlupfreifen Larven aufgezogen werden.

Im Nishallahbach waren die Larven von *I. martensi* nicht so dominant wie in der Biozönose im Kunoibach. Im Vergleich zum Kunoibach treten im September mehr Larven auf als erwartet ($p < 0{,}001$). Im Juni, August und September 1997 traten schlupfreife Larven auf (Abb. 5.7).

Im Raogibach waren nur im Mai in den Benthosproben einige Larven dieser Art vorhanden. In den folgenden Monaten traten keine Larven von *I. martensi* in diesem Gewässer auf.

Dagegen kam *I. martensi* im Gletscherabfluss im Solang-Tal in den Benthosproben häufig vor. Im Juni waren die Larven von *I. martensi* im Solangbach die dominante Art der Heptageniidae, aber im Gegensatz zu den Larven von *I. martensi* im Kunoibach noch nicht schlupfreif. Deswegen liegen keine Aufzuchten aus dem Solang-Tal aus den Monaten vor dem Monsun vor. Im Juli und August wurden im Solangbach keine Proben genommen. Im September konnten aus dort vorkommenden schlupfreifen Larven von *I. martensi* erfolgreiche Aufzuchten durchgeführt werden (Abb. 5.7).

Im Waldbach in Karol waren im September 1997 keine Larven von *I. martensi* vorhanden, aber im Mai 1996 konnten einige Larven gesammelt werden.

Die Larven bevorzugten als Habitat Steine in den Riffle-Zonen mit Fließgeschwindigkeiten über 1m/sec.

Mit Hilfe ihres Saugnapfes (Kap. 5.3) können sich die Larven besonders fest an Steinen festhalten und sind deshalb nur schwer von den Steinen zu lösen.

Obwohl die Larven von *I. martensi* vorwiegend in Gewässern mit hohem Siltgehalt leben, reagiert diese Art offenbar empfindlich auf den in Schlupfbechern anfallenden Silt. Nur mit großen Schwierigkeiten gelangen 1997 die Aufzuchten, die in den beiden Vorjahren erfolglos blieben. Möglicherweise spielt auch die Tatsache, dass die Larven die Kiemen nicht bewegen können und eine dadurch erhöhte Empfindlichkeit gegen Sauerstoffschwankungen eine Rolle. Auch bei der Überführung der Schlupfbecher von den Untersuchungsgewässern ins Emergenzhaus über dem Naggarbach starben im Juni viele Larven von *I. martensi*. Allerdings weist der Naggarbach mit 200 µS/cm eine höhere Leitfähigkeit auf als der Kunoibach, wo die Leitfähigkeit zwischen 30 - 40 µS/cm lag.

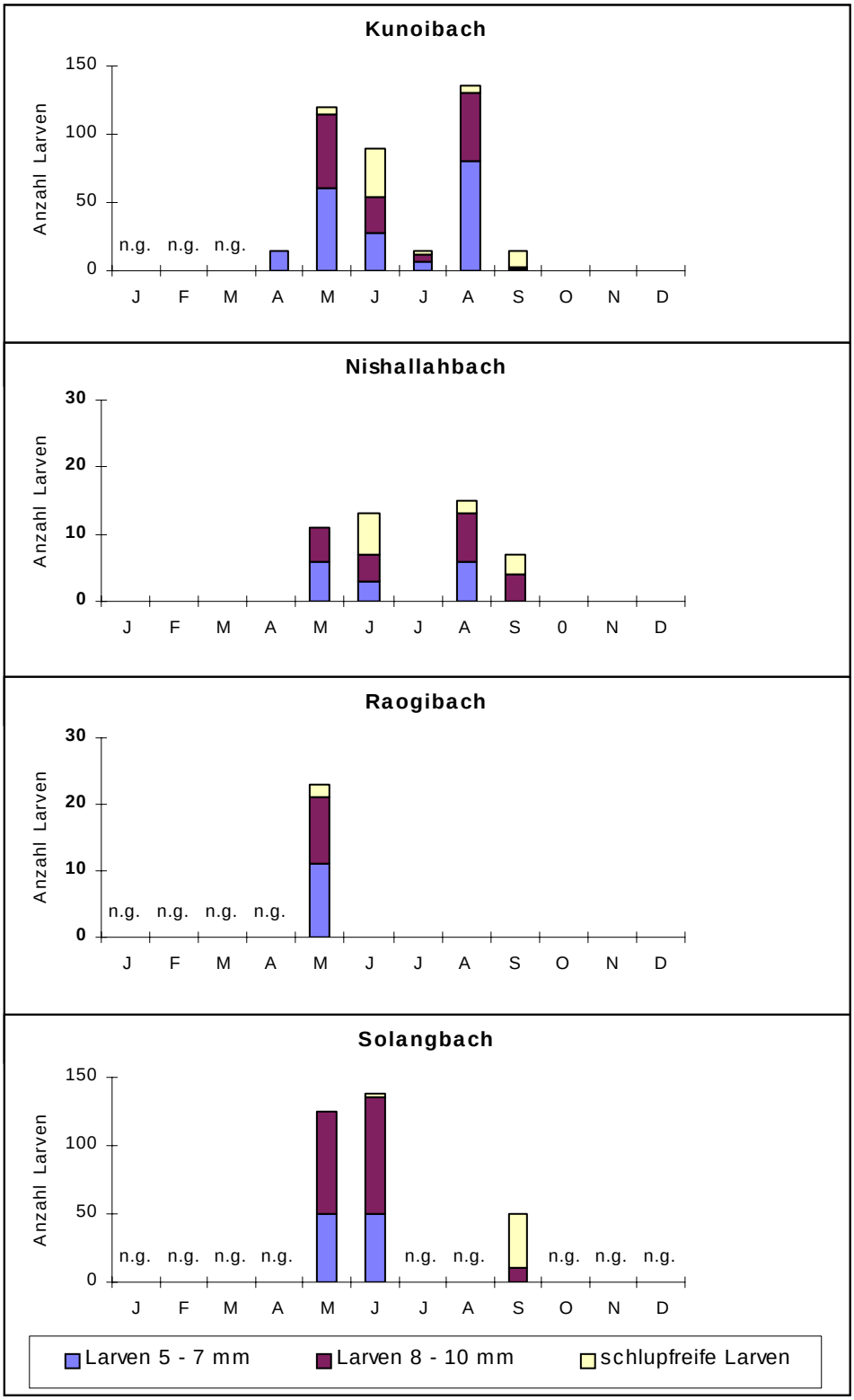

Abb. 5.7: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron martensi* in den Untersuchungsgewässern 1997; n.g.: nicht gemessen.

Vor Beginn des Monsuns im Mai und Anfang Juni saßen im Kunoibach auf 10 % der Larven von *I. martensi* Larven von *Symbiocladius*, eine Gattung parasitischer Chironomiden (Kap. 12.11). Mitte Juni waren nur noch wenige Larven mit *Symbiocladius* besetzt. Im Spätjahr trugen einige Larven von *I. martensi* phoretische Simuliiden (Kap. 9, Kap. 12.11).

Auffällig war, dass die Größe der schlupfreifen Larven stark schwankte. Zum Teil hatten Larven, die erst 8 mm groß waren, schon dunkle Flügelscheiden. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang mit dem Besatz von *Symbiocladius* (Kap. 9).

Die Subimagines von *I. martensi* können offensichtlich ohne Halt an Substrat aus der Larvalhaut schlüpfen. Die Larvenexuvie haftete niemals an Gaze der Schlupfbecher fest. Die Art zeigte zudem ein ausgeprägt synchrones Schlupfverhalten. Auch Larven, die an verschiedenen Tagen im Kunoibach gesammelt wurden und jeweils unterschiedlich lang im Naggarbach zur Aufzucht verblieben, schlüpften am selben Tag. Dabei gab es keine Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Tieren.

5.4.5 *Iron psi* (EATON, 1885)

Die Larven von *Iron psi* kamen in allen Untersuchungsgewässern mit unterschiedlichen Häufigkeiten im Jahresverlauf vor (Abb. 5.8).

Im Kunoibach kam *I. psi* nur vereinzelt vor und nur im Juli traten schlupfreife Larven dieser Art auf. Auch im Naggarbach konnten 1997 nur wenige, nicht schlupfreife Larven im April und November gesammelt werden (Abb. 5.9). Anfang Juli befand sich eine einzige Imago in den Emergenzproben. Auch in den Vorjahren war *I. psi* an beiden Probestellen selten in den Benthosproben. Allerdings kamen im Kunoibach im Juni 1995 innerhalb einer Kaskade von Wasserfällen in den Pools mehrere schlupfreife Larven vor. Diese Stellen waren nur einmalig zugänglich, da sie nur wegen Reparaturarbeiten an den Wasserableitungen trockengelegt worden waren.

Im Nishallahbach waren einige Larven in den Benthosproben vorhanden. Von Mai bis Juli und im September und Oktober kamen schlupfreife Larven vor. In den Benthosproben vom Raogibach war *I. psi* am häufigsten vertreten und wie im Nishallahbach traten vor und nach dem Monsun schlupfreife Larven auf. Die höchste Besiedlungsdichte wurde im August angetroffen. Im Solangbach waren die Larven von *I. psi* selten und nur im Juni in den Benthosproben vorhanden (Abb. 5.9).

Die Larven lebten unter Steinen in den Riffle-Zonen mit Fließgeschwindigkeiten über 1m/sec. Bei höheren Wasserständen nach Regenfällen ist es schwierig, diese Art zu finden, da sich die Tiere fast nie im Randbereich aufhalten, sondern in stark durchströmten Bereichen in der Mitte des Gewässers. Wie *I. martensi* sind die Tiere aufgrund ihres Saugnapfes nur schwer von den Steinen zu lösen. Bei manchen Larven waren Körperunterseite und Kiemen intensiv rot gefärbt.

Die reifen Nymphen und Imagines haben eine dem griechischen Buchstaben Ψ ähnliche Zeichnung auf den abdominalen Tergiten. Diesem charakteristischen Merkmal verdankt die Art ihren Namen .

Abb. 5.8 Larve von *Iron psi*

Iron psi verlässt zum Schlüpfen das Gewässer. Erst dann platzt die Nymphenhaut auf und entlässt die Subimago. Exuvien dieser Art wurden wiederholt auf Steinen und Felsen am Ufer gefunden.

Auch in den Schlupfbechern hafteten die Exuvien an der Gaze oberhalb der Wasseroberfläche. Generell lag die Erfolgsquote der Aufzuchten von *I. psi* höher als bei anderen Arten, bei denen die Subimago in der fließenden Welle aus der Larvalhaut schlüpft.

Die Subimagines schlüpften im Juni, Juli und September in den frühen bis späten Abendstunden. Auch die Imagines waren nachtaktiv. Sie konnten während der Nachtfänge im Juni 1995 bis Mitternacht angetroffen werden. Männliche und weibliche Subimagines schlüpften zur gleichen Zeit.

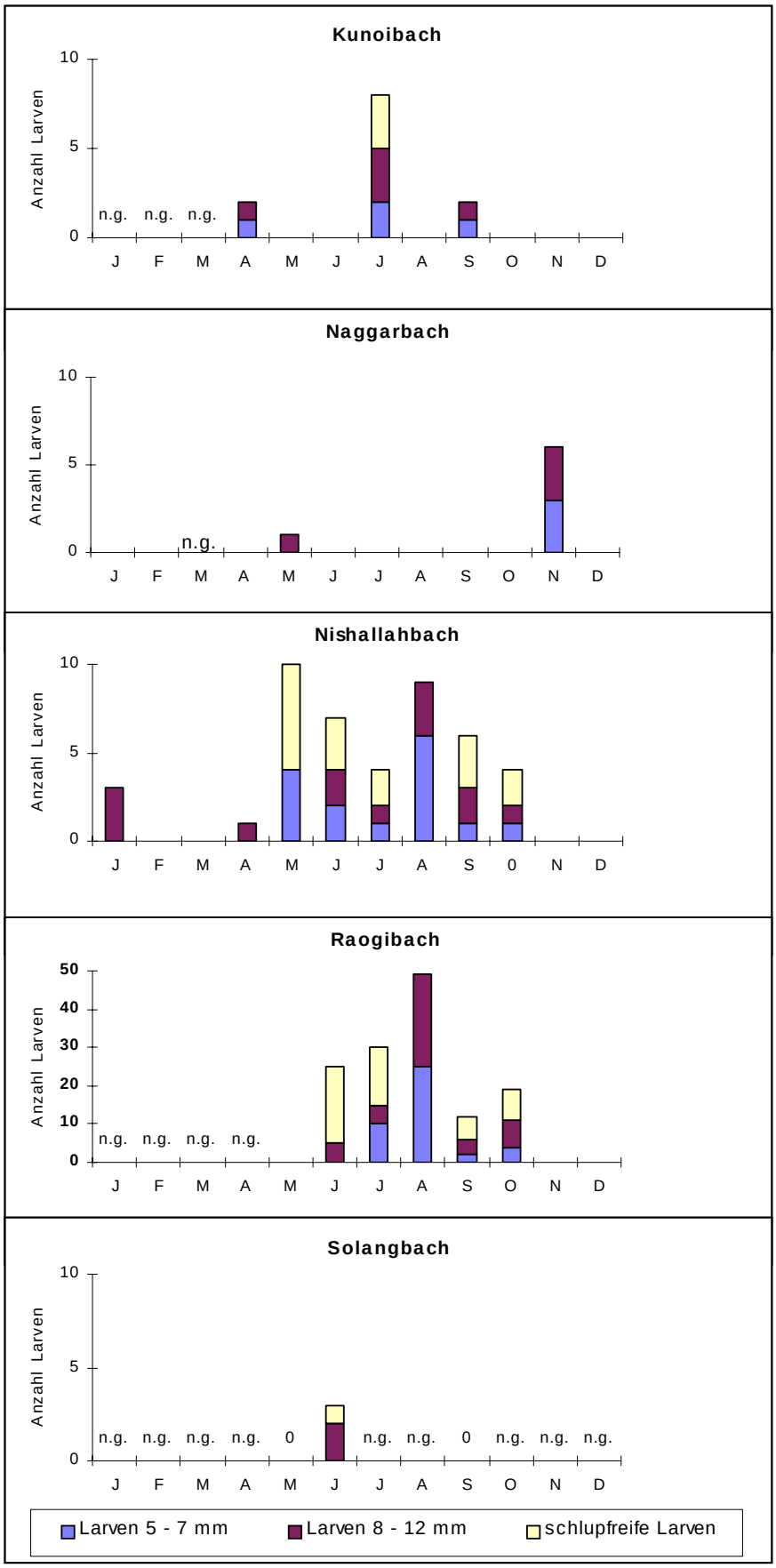

Abb. 5.9: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron psi* in den Untersuchungsgewässern 1997; n.g.: nicht gemessen.

5.4.6 *Iron nigripilosus* SINITSHENKOVA, 1976

In allen Untersuchungsgewässern kamen die Larven dieser Art in unterschiedlichen Häufigkeiten vor (Abb. 12.3, Kap. 12.11).

Im Kunoibach war *I. nigripilosus* 1997 im April und Juli selten, im August jedoch häufig. Ab Ende Juli lagen schlupfreife Larven vor. Danach ging die Abundanz zurück und von September bis November lagen nur wenige Tiere vor (Abb. 5.10).

Im Naggarbach kamen 1997 weder Larven noch Imagines von *I. nigripilosus* vor und im Vorjahr waren nur im Mai wenige Larven vorhanden. Dagegen kam im Nishallahbach die Art von April bis Dezember vor, wobei von Ende Juli bis Dezember schlupfreife Larven vorhanden waren. Im August lagen fast nur Junglarven vor (Abb. 5.10).

Im Raogibach waren nur in den Benthosproben im September einige, zum Teil schlupfreife, Larven von *I. nigripilosus* vorhanden und im Solangbach, dem Gletscherabfluss, konnten wenige noch nicht schlupfreife Larven im Juni gesammelt werden. Im Waldbach in Karol wurden im September zwei fast schlupfreife Larven von dieser Art gesammelt.

Wie die Larven von *I. psi* leben auch die Larven von *I. nigripilosus* unter Steinen in den Riffle-Zonen in der Mitte des Gewässers, wo die Fließgeschwindigkeit mindestens 1 m/sec. beträgt. Manche Larven von *I. nigripilosus* waren ventral und an den Kiemen rot gefärbt.

In den Schlupfbechern hafteten die Exuvien der Nymphen von *I. nigripilosus* an der Gaze des oberen Randes. Wie *I. psi* verlässt auch *I. nigripilosus* zum Schlüpfen das Gewässer und zeigt eine höhere Erfolgsquote beim Schlüpfen in den Schlupfbechern als andere Arten der Heptageniiden.

Die Subimagines schlüpften von Mai bis Juli und von Oktober bis Dezember. Während der Tagesgangmessungen im Juni 1995 schlüpften männliche und weibliche Subimagines zwischen 21.00 und 23.00 Uhr. Auch die Imagines waren nachtaktiv.

Imagines von *I. nigripilosus* konnten noch in Entfernungen von fast 1 km bis zum nächsten Gewässer gefunden werden. Offensichtlich haben sie einen großen aktiven Verbreitungsradius. Die Imagines von *I. nigripilosus* bilden also eine Ausnahme unter den Ephemeropteren, denn diese gehören in der Regel zu den konservativen Insekten, die sich kaum von den Gewässern entfernen, aus denen sie geschlüpft sind. Imagines anderer Arten wurden niemals in so großer Entfernung von Gewässern gefangen.

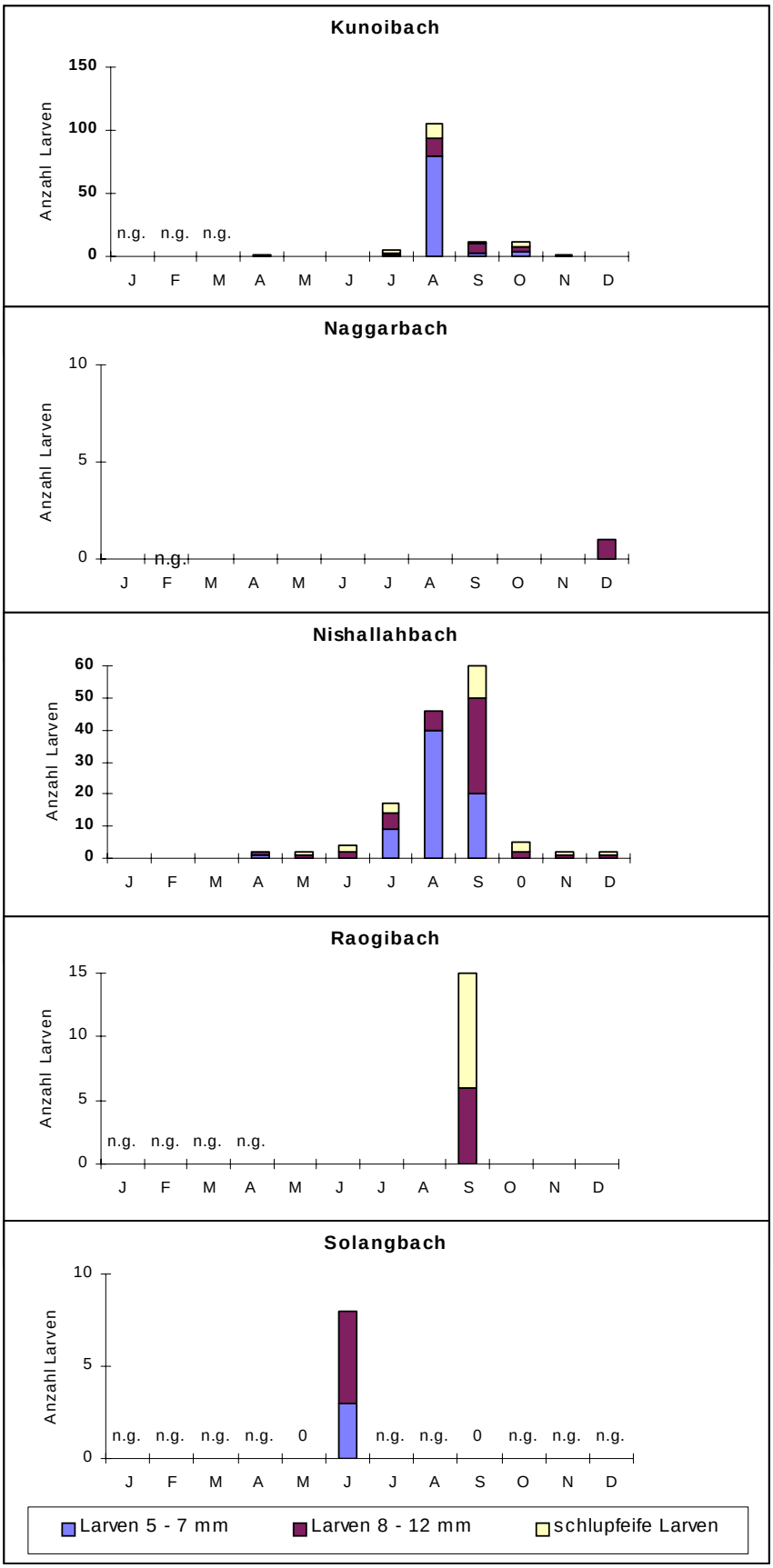

Abb. 5.10: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron nigripilosus* in den Untersuchungsgewässern 1997; n.g.: nicht gemessen.

5.4.7 *Iron sinespinosus* Braasch, 1978

Die Larven von *Iron sinespinosus* waren im Solangbach, dem Gletscherabfluss, abundant (Abb. 12.4, Kap. 12.11). Dagegen kamen nur vereinzelte Larven in den Gebirgsbächen Kunoibach und Nishallahbach vor und im Naggar- und im Raogibach trat diese Art überhaupt nicht auf (Abb. 5.11).

Im Kunoibach wurden in den Benthosproben vom Juni und August einige nicht schlupfreife Larven von *I. sinespinosus* und in den Vorjahren Larven dieser Art in diesem Gewässer wiederholt vereinzelt gefunden.

Auch im Nishallahbach traten im Juli und August einige Larven von *I. sinespinosus* auf und im Vorjahr 1996 befanden sich im März und April einige fast schlupfreife Larven in den Benthosproben.

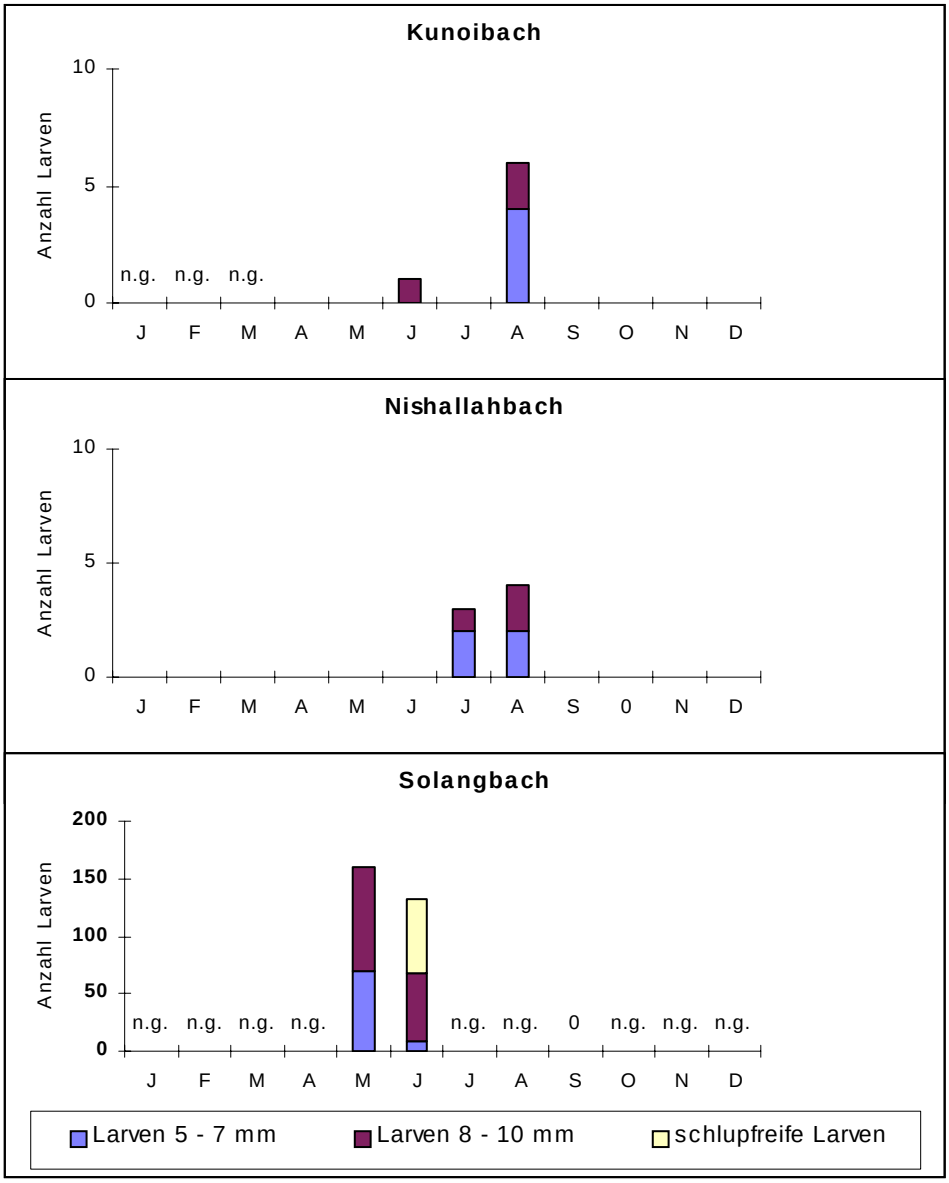

Abb. 5.11: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron sinespinosus* in den Untersuchungsgewässern 1997; n.g.: nicht gemessen.

Im Mai 1997 waren die Larven von *I. sinespinosus* im Solangbach, dem Gletscherabfluss, die dominante Heptageniide. Im darauffolgenden Monat Juni waren viele Larven schlupfreif. Ein Teil dieser Larven konnte in den Schlupfbechern im Naggarbach erfolgreich aufgezogen werden. Doch ein großer Teil der ausgebrachten Larven starb in den Aufzuchtsbechern im Naggarbach.

Die Larven bevorzugten wie die anderen Arten der Gattung *Iron* als Habitat Steine in den Riffle-Zonen mit Fließgeschwindigkeiten über 1,5 m/sec.

Die Exuvien der Nymphen hafteten nie an der Gaze der Schlupfbecher fest. Dies deutet daraufhin, dass die Subimagines von *I. sinespinosus* ohne einen Halt am Substrat aus der Larvalhaut schlüpfen. Die Emergenz findet in Höhen über 2500 m ü.N.N. im Juni statt. Wahrscheinlich schlüpfen Imagines dieser Art in tieferen Lagen früher, da im Nishallahbach schon im März/April fast schlupfreife Larven gefunden wurden.

5.4.8 *Iron cf. montanus* BRODSKY, 1930

Im Untersuchungsgebiet wurde bisher nur eine männliche Subimago in der Nähe von Manali gefangen. Larven dieser Art konnten bisher in den Gewässern im Kullutal noch nicht gefunden werden. Sie liegen aber von Untersuchungen der Arbeitsgruppe am Indus bei Leh vor, etwa 500 km nördlich des Untersuchungsgebietes.

5.4.9 *Rhithrogena tianshanica* BRODSKY, 1930

Die Larven dieser Art traten im Solangbach häufig auf (Abb. 5.12). In den Gebirgsbächen Nishallahbach, Kunoibach und Raogibach kamen die Larven von *Rh. tianshanica* nur vereinzelt und im Naggarbach überhaupt nicht vor.

Im Kunoibach konnten Larven dieser Art fast während des ganzen Jahres gesammelt werden, wobei im April, Juni und Juli große, schlupfreife Larven vorhanden waren. Auch im Nishallahbach waren in den Benthosproben von Mai bis Juli schlupfreife Larven vorhanden. Im Raogibach konnte diese Art nur einmal im September gesammelt werden (Abb. 5.13).

Im Solangbach traten Larven von *Rh. tianshanica* im Mai und Juni 1997 auf. Die Larven waren 12 - 14 mm groß und zum Teil schlupfreif.

Die stark abgeflachten Larven lebten unter Steinen in den Riffle-Zonen mit Fließgeschwindigkeiten über 1m/sec. Der Körper der Nymphen wies eine graue Färbung auf, während die Cerci oft intensiv orange gefärbt waren.

Die Larven waren wenig empfindlich gegen Silt. In den Aufzuchtsbechern konnten sie ohne Probleme über einen Monat gehalten werden, auch wenn sich in den Bechern Silt ansammelte.

Abb. 5.12 Larve von *Rhithrogena tianshanica*

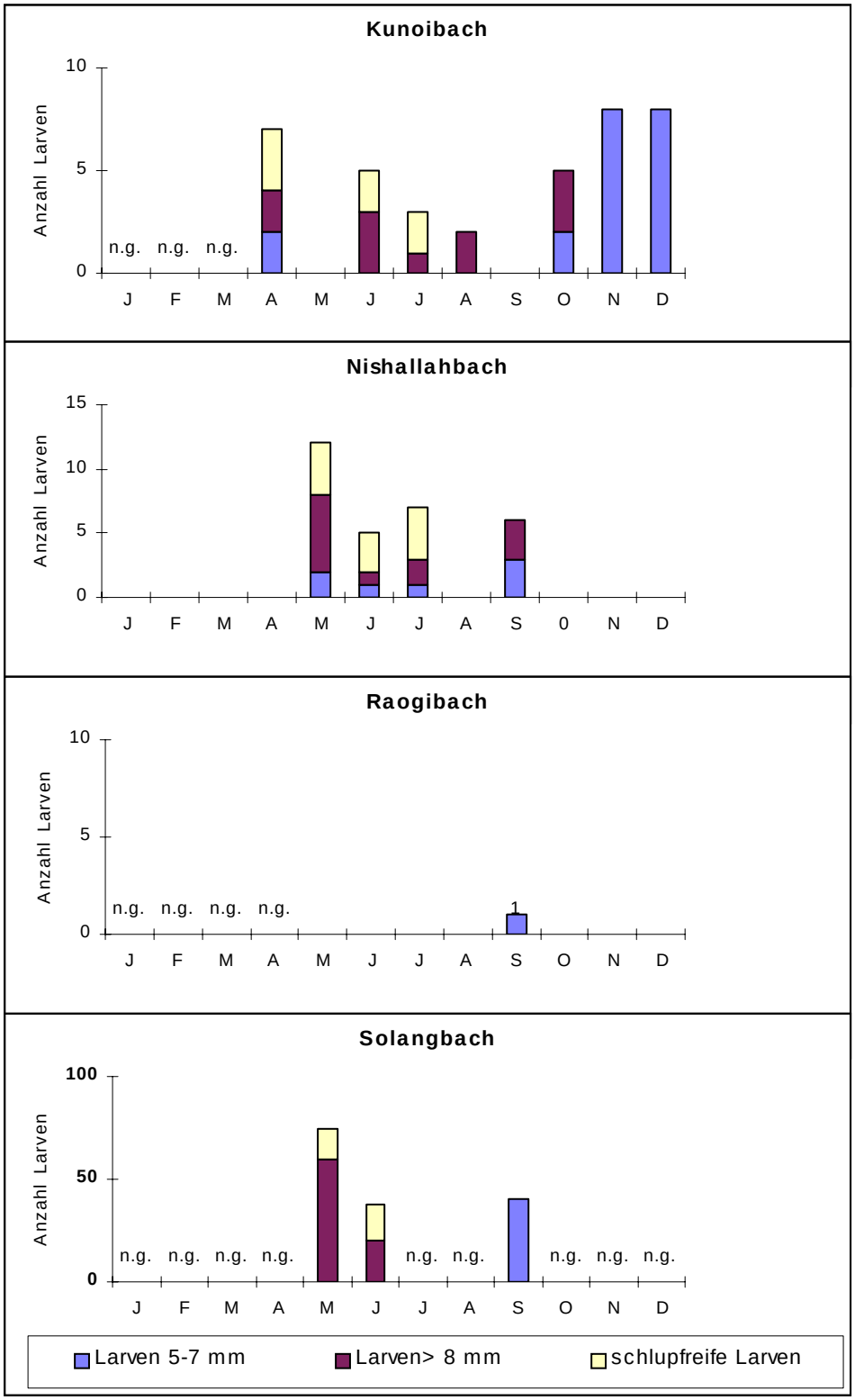

Abb. 5.13: Vorkommen und Größenverteilung von *Rhithrogena tianshanica* in den Untersuchungsgewässern 1997.
n.g.: nicht gemessen.

Aufzuchten konnten von Mai bis Juni erfolgreich durchgeführt werden. Die Subimagines von *Rh. tianshanica* scheinen ohne Halt am Substrat aus der Larvalhaut zu schlüpfen, denn die Larvenexuvie haftete niemals an Gaze der Schlupfbecher fest. Im Juni 1995 schlüpften am Kunoibach die Subimagines von *Rh. tianshanica* in den späten Abendstunden zwischen 21.00 und 23.00 Uhr. Auch die Imagines waren nachtaktiv. Männliche und weibliche Subimagines schlüpften zur gleichen Zeit.

5.4.10 *Rhithrogena sp. 1*.

Larven dieser Art traten nur im Kunoibach und im Nishallahbach in unterschiedlicher Abundanz auf (Abb. 5.14).

Im Kunoibach kamen in den Benthosproben im Mai 1997 schlupfreife Larven dieser Art häufig vor. Die schlupfreifen Larven waren 10 bis 11 mm groß und deutlich kleiner als die schlupfreifen Larven von *Rh. tianshanica*. Im Nishallahbach wurden Larven dieser Art von *Rhithrogena sp.* vereinzelt und niemals schlupfreif gefunden.

Die Larven kamen in steinigem Substrat in Riffle-Zonen und in ruhigeren Randbereichen des Gewässers vor.

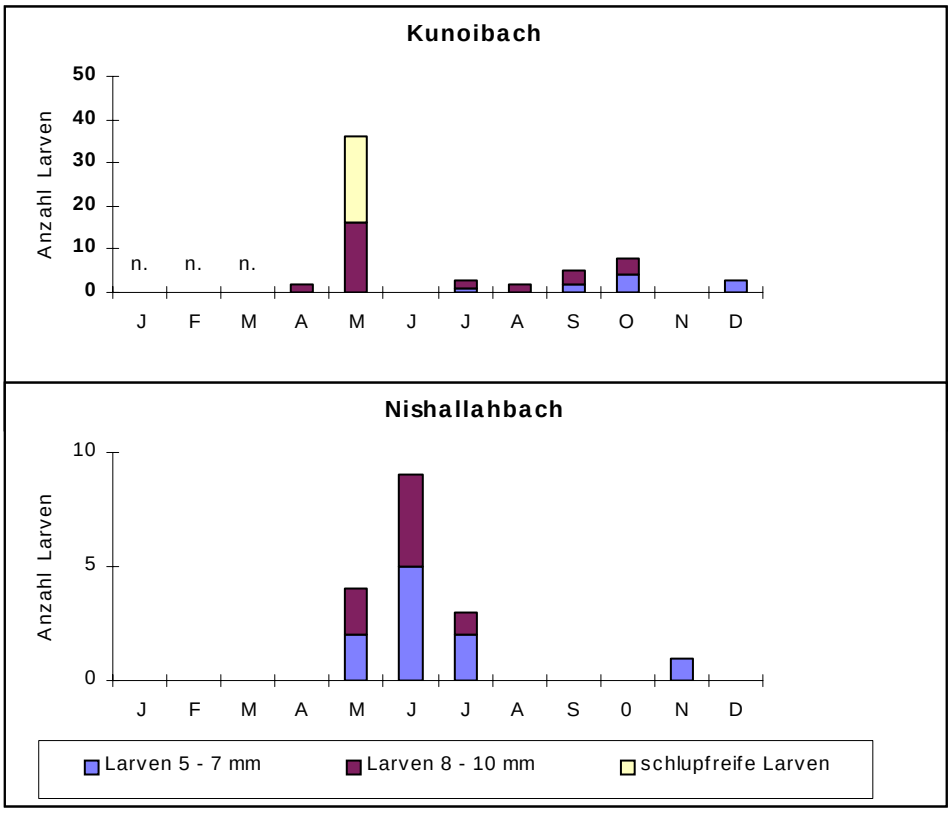

Abb. 5.14: Vorkommen und Größenverteilung von *Rhithrogena sp.* in den Untersuchungsgewässern 1997.
n.g.: nicht gemessen.

6. Die Emergenz der Ephemeroptera

Am Naggarbach und am Nishallahbach wurde je ein Emergenzhaus aufgebaut, um Einblick in den Zusammenhang zwischen Schlüpfaktivitäten, Niederschlags- und Temperaturverlauf, sowie die Flugzeiten der einzelnen Arten zu erhalten (Kap. 3.4). In den Emergenzfallen befanden sich vorwiegend Subimagines, die nach bisherigem Stand der Wissenschaft nicht bis auf die Art bestimmt werden können. Aus diesem Grund wurden die Subimagines in den Emergenzhäusern abgesammelt und zur Imago aufgezogen (Kap. 3.3; Kap. 12.4).

Das Subimaginalstadium dauerte je nach Temperatur unterschiedlich lange. Im Sommer schlüpfte die Imago bereits nach ein bis zwei Tagen, während sie im Winter, je nach Temperatur, bis zu sechs Tage benötigte. Im folgenden Kapitel werden Subimagines und Imagines zu "Imagines" zusammengefasst.

6.1 Emergenz der Ephemeroptera im Naggarbach von Juli 1996 bis Dezember 1997

Die Gesamtemergenz der Ephemeroptera war in den Wintermonaten Januar bis Februar 1997 gering. Ende April kam es zu einem deutlichen Anstieg der Emergenz, die ihr Maximum mit 147 Imagines/m^2 im Juni erreichte. Danach nahmen die Emergenzzahlen im Juli und August während des Monsuns stark ab, bevor es im September und Oktober zu einem erneuten Anstieg der Emergenz kam, die dann im November, mit den ersten Schneefällen, abrupt beendet war (Abb. 6.1; Tab. 6.1).

Tab. 6.1: Gesamtzahl der geschlüpften Ephemeropteren und Individuenzahl der Ephemeropteren und Heptageniiden pro Quadratmeter in der Emergenzfalle über dem Naggarbach
n.g.: nicht gemessen

	Naggar 1996 n_{total} = 1309 Individuen		Naggar 1997 n_{total} = 1691 Individuen	
	Ephemeroptera/m²	Heptageniidae/m^2	Ephemeroptera/m^2	Heptageniidae/m^2
Jan	n.g.	n.g.	3	-
Feb	n.g.	n.g.	2	-
Mär	n.g.	n.g.	4	-
Apr	n.g.	n.g.	19	5
Mai	n.g.	n.g.	124	39
Jun	n.g.	n.g.	147	60
Jul	90	23	28	5
Aug	59	20	26	14
Sep	71	23	43	11
Okt	102	35	56	13
Nov	34	18	19	13
Dez	8	1	1	0
Summe Jan- Dez	-	-	470	160
Summe Jul – Dez	364	120	170	56

1996 begannen die Messungen im Juli. Die Anzahl der geschlüpften Insekten sank im August und nahm dann bis Oktober wieder zu, wo sie ein Maximum von 102 Imagines/m^2 erreichte.

Der Emergenzverlauf der Heptageniidae entspricht 1997 dem der Gesamtemergenz. Die ersten Imagines der Heptageniidae schlüpften ab April und ihre Anzahl nahm bis Juli stetig zu. Mit Einsetzen des Monsuns gingen die Emergenzzahlen zurück, stiegen schon im August wieder an und blieben bis November gleichbleibend, ohne Ausbildung eines Nebenmaximums. 1996 blieb die Anzahl der Heptageniidenimagines von Juli bis September konstant und erreichte im Oktober ihr Maximum (Abb. 6.1; Tab. 6.1; Kap. 12.6).

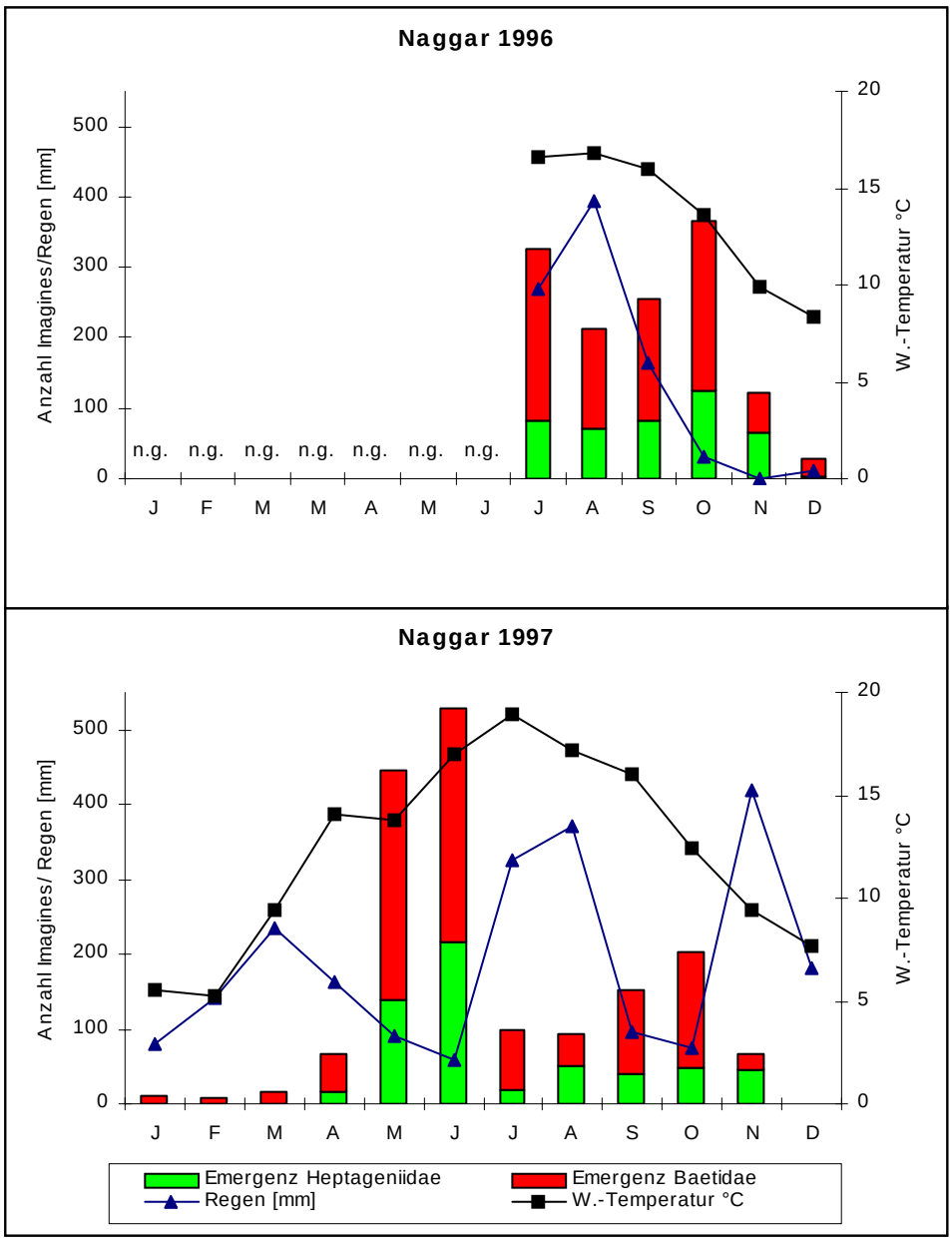

Abb. 6.1: Ephemeropteren in der Emergenzfalle über dem Naggarbach 1996 und 1997. Die Grafik berücksichtigt nur Werte der Heptageniidae und Baetidae, da der Anteil der anderen Familien der Ephemeroptera unbedeutend war.

Trotz eines ähnlichen Emergenzverlaufs unterscheiden sich die Gesamtzahlen der geschlüpften Imagines der zweiten Jahreshälften deutlich. 1996 schlüpften in der zweiten Jahreshälfte von Juli bis Dezember insgesamt 364 Imagines/m², etwa ein Drittel (120/m²) dieser Tiere waren Heptageniidae. 1997 schlüpften dagegen von Juli bis Dezember insgesamt nur 170 Tiere/m², wobei die Heptageniidae mit 56 Tieren/ m^2 wiederum etwa ein Drittel ausmachten (Tab. 6.1).

6.2 Emergenz der Ephemeroptera im Nishallahbach von Juli 1996 bis Dezember 1997

Die Gesamtmenge geschlüpfter Imagines, sowie die Anzahl pro Quadratmeter, waren im Emergenzhaus am Nishallahbach deutlich geringer als im Emergenzhaus über dem Naggarbach.

Trotz der geringeren Individuenzahl lässt sich im Nishallahbach ein ähnlicher Emergenzverlauf mit einer leichten zeitlichen Verschiebung feststellen. Mit zunehmender Temperatur im Frühjahr 1997 stieg die Anzahl der geschlüpften Imagines bis zu einem Maximum von 45 Individuen/m^2 im Juli. Im August und September schlüpften nur noch vereinzelt Ephemeropteren. Nach der Monsunzeit im Oktober und November stieg die Anzahl der geschlüpften Imagines bis sie Ende November, bedingt durch einen heftigen und frühen Wintereinbruch, deutlich zurück ging. 1996 begannen die Messungen Mitte Juli. Die meisten Imagines schlüpften im Oktober. Danach ging die Emergenz wieder zurück und im Dezember schlüpften nur noch wenige Tiere (Abb. 6.2).

Tab. 6.2: Gesamtzahl der geschlüpften Ephemeropteren und Individuenzahl der Ephemeropteren und Heptageniiden pro Quadratmeter in der Emergenzfalle über dem Nishallahbach. (Die Ergebnisse der wöchentlichen Messungen sind auf Individuen/Tag umgerechnet und auf 30 Fangtage hochgerechnet).
n.g.: nicht gemessen

	Nishallah 1996 n_{total} = 168 Individuen		**Nishallah 1997** n_{total} = 141 Individuen	
	Ephemeroptera/m^2	Heptageniidae/m^2	Ephemeroptera/m^2	Heptageniidae/m²
Jan	n.g.	n.g.	-	-
Feb	n.g.	n.g.	2,9	-
Mär	n.g.	n.g.	3,6	0,7
Apr	n.g.	n.g.	17,1	3,6
Mai	n.g.	n.g.	11,4	0,6
Jun	n.g.	n.g.	27,1	8,6
Jul	21,2	0	45,4	13,1
Aug	20,6	0	0,7	0
Sep	12,1	4,3	3,8	2,3
Okt	33,5	10,6	16,1	5,0
Nov	20,4	17,4	25,7	15,0
Dez	1,8	0,6	5,4	1,2
Summe Jan – Dez			149,3	44,6
Summe Jul - Dez	119,7	32,9	87,2	31,2

Im Nishallahbach waren die Unterschiede zwischen den zweiten Jahreshälften 1996 und 1997 sowohl bei der Gesamtemergenz als auch bei der Heptageniidenemergenz kaum ausgeprägt. 1996 schlüpften von Juli bis Dezember 120 Imagines/m^2, während 1997 87 Individuen/m^2 schlüpften (Tab 6.2; Kap. 12.7).

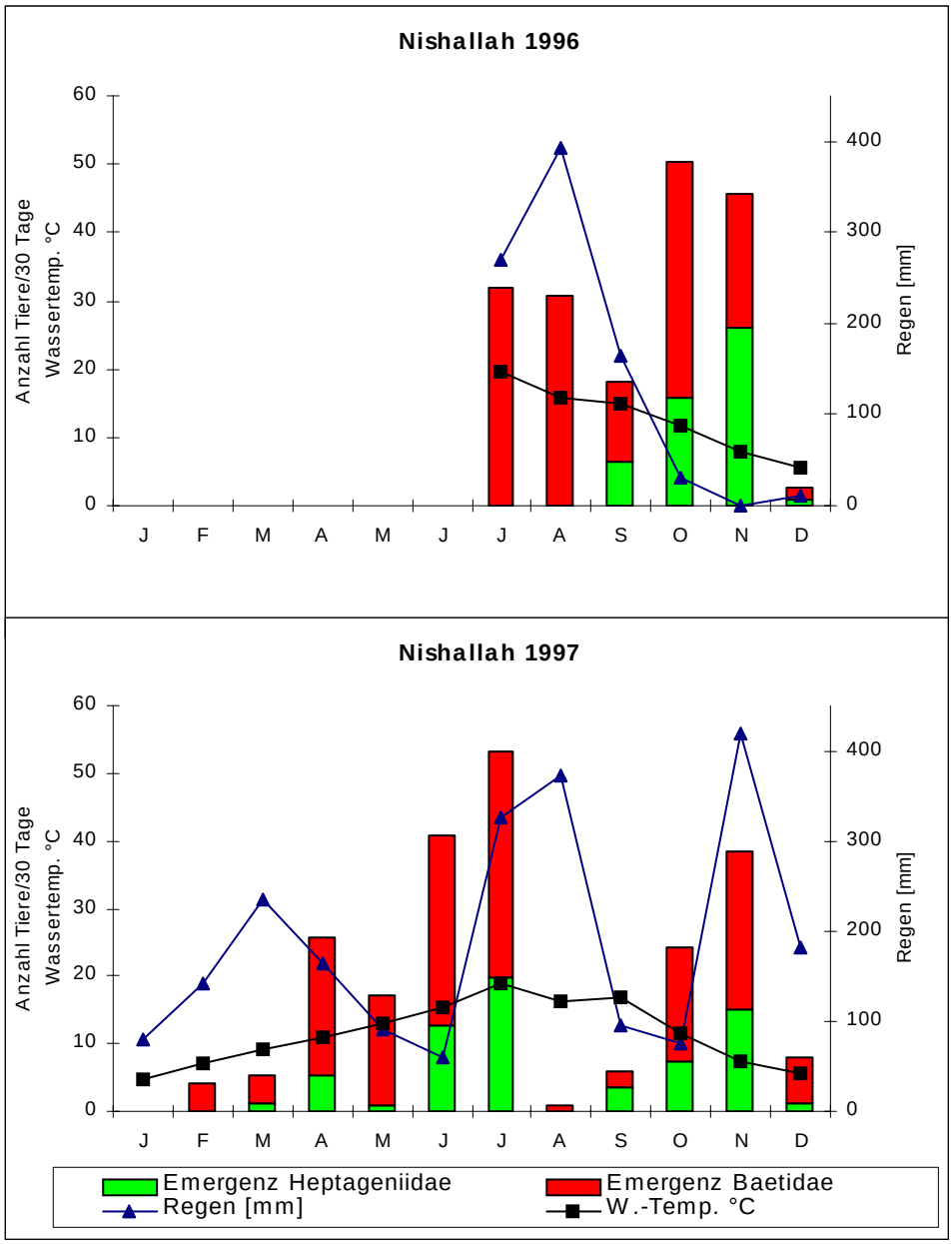

Abb. 6.2: Ephemeropteren in der Emergenzfalle über dem Nishallahbach 1996 und 1997. Die Grafik berücksichtigt nur Werte der Heptageniidae und Baetidae, da der Anteil der anderen Familien der Ephemeroptera unbedeutend war. Aufgrund der wöchentlichen Probenahme wurden die Daten auf 30 Fangtage hochgerechnet.

6.3 Emergenz von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* im Naggarbach

Im Naggarbach waren *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* die beiden häufigsten Heptageniidae. Daneben traten selten *Iron psi* und *I. nigripilosus* auf. Von *E. bispinosus* und *El. eatoni* konnten Merkmale für die Bestimmung der weiblichen Imagines und der Subimagines herausgearbeitet werden, so dass alle Stadien bei der Betrachtung des Emergenzverlaufes dieser Arten berücksichtigt werden konnten. Dabei stellte sich eine interessante Verteilung im Jahresverlauf dieser beiden Arten heraus.

Die Emergenz von *E. bispinosus* entspricht in etwa dem Verlauf der Gesamtemergenz der Ephemeroptera im Naggarbach (zu der sie im Durchschnitt etwa 30 % beiträgt). Der überwiegende Anteil von *E. bispinosus* schlüpfte 1997 in den Sommermonaten Mai und Juni vor Einsetzen der Monsunregenfälle. Während des Monsuns ging die Schlupfaktivität auf 5 - 10 Prozent der Gesamtemergenz zurück. Im September, mit dem Ende des Monsuns, nahm die Anzahl der geschlüpften Imagines von *E. bispinosus* wieder zu und nach dem Wintereinbruch, Mitte November, schlüpften keine Imagines mehr. Betrachtet man die Schlupfrate in den Zeiträumen vor, während und nach dem Monsun so zeigt sich, dass signifikante Unterschiede der Emergenzraten in diesen Zeiträumen vorliegen. (Kap. 6.4).

Im Vorjahr 1996 schlüpften im Juli und August nur wenige Tiere dieser Art. Ende des Monsuns nahm die Anzahl zu, wobei im Oktober, wie auch bei der Gesamtemergenz, die maximale Schlupfrate erreicht wurde (Tab. 6.3; Abb. 6.3; Kap. 12.6).

Tab. 6.3: Anteil von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* an der Emergenz der Heptageniidae in Prozent;
Signifikanzgrenzen: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$
n.g.: nicht gemessen

	Naggarbach 1996			**Naggarbach 1997**		
	Epeorus bispinosus	*Electrogena eatoni*	Signifik. Beiträge	*Epeorus bispinosus*	*Electrogena eatoni*	Signifik. Beiträge
Jan	n.g.	n.g.				
Feb	n.g.	n.g.				
Mär	n.g.	n.g.				
Apr	n.g.	n.g.		76		*
Mai	n.g.	n.g.		88	4	***
Jun	n.g.	n.g.		75	25	
Jul	41	59	***	32	68	***
Aug	38	63	***	27	73	***
Sep	78	22		82	18	
Okt	95	5	***	48	52	***
Nov	95	3	***	93	7	***
Dez	100	0				

Dagegen verlief der jährliche Emergenzverlauf von *El. eatoni* anders. Das Schlupfmaximum dieser Art lag 1997, wie bei *E. bispinosus*, im Juni, aber *El. eatoni* schlüpfte auch in den darauffolgenden Monsunmonaten Juli und August häufig (Abb. 6.3). In diesen Monaten betrug der prozentuale Anteil von *El. eatoni* jeweils über 60%, während in den Monaten vor und nach dem Monsun der Anteil von *E. bispinosus* an der Emergenz der Heptageniidae bei mindestens 75% lag (Tab. 6.3; Abb. 6.3).
Mit dem Chi-Quadrat-Homogenitätstest (Kap. 3.5) wurden die Arten auf signifikante Effekte überprüft. Der im Anschluss daran durchgeführte Folgetest zeigt, dass in den Monaten Juli und August 1996 und 1997 höchst signifikant mehr Individuen von *El. eatoni* schlüpften als von *E. bispinosus*. Nach der Monsunzeit nahm 1996 die Emergenzrate von *El. eatoni* kontinuierlich höchst signifikant ab, während 1997 im Oktober höchst signifikant mehr Individuen von *El. eatoni* schlüpften.

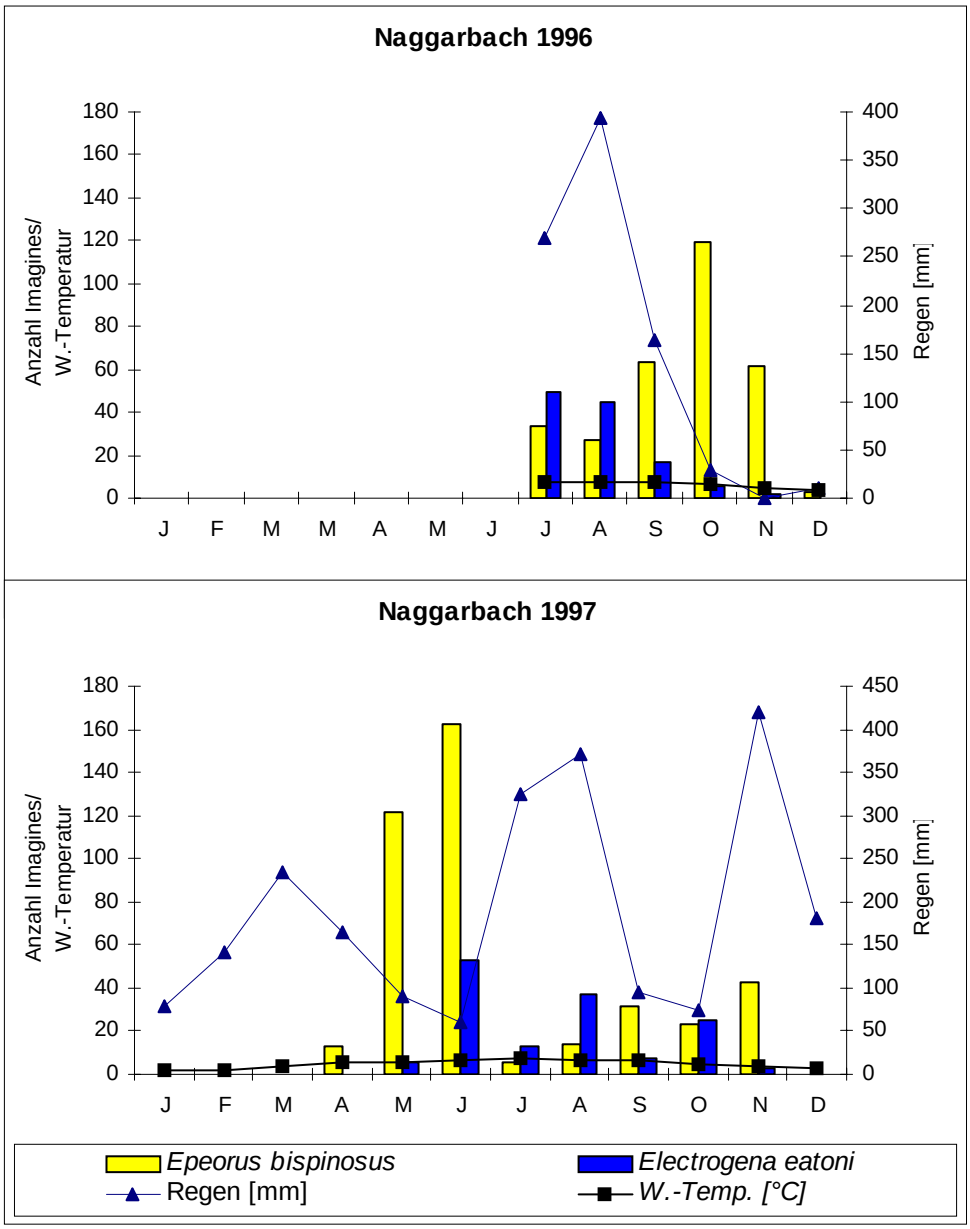

Abb. 6.3: Emergenz von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* in der Emergenzfalle über dem Naggarbach von Juli 1996 bis Dezember 1997

6.3.1 Geschlechterverhältnis von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni*

Auffällig war das Geschlechterverhältnis von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* in der Emergenzfalle über dem Naggarbach.

Die Gesamtzahl der monatlich 1997 im Emergenzhaus gesammelten Imagines von *E. bispinosus* schwankte stark, doch der Anteil der Weibchen blieb mit über 60 % konstant hoch (Abb. 6.4). Die jährlichen Gesamtwerte der weiblichen und der männlichen Imagines weichen hochsignifikant vom Verhältnis 1:1 ab.

Dagegen zeigten die Daten von *El. eatoni* keine signifikante Abweichung vom 1:1 Verhältnis. Der Anteil männlicher und weiblicher Imagines in der Emergenzfalle schwankte stark. Der Prozentsatz der Weibchen lag zwischen 29 % und 67 %. Im Juni zeigte der Binomialtest einen signifikant höheren Anteil der Männchen (Abb. 6.4).

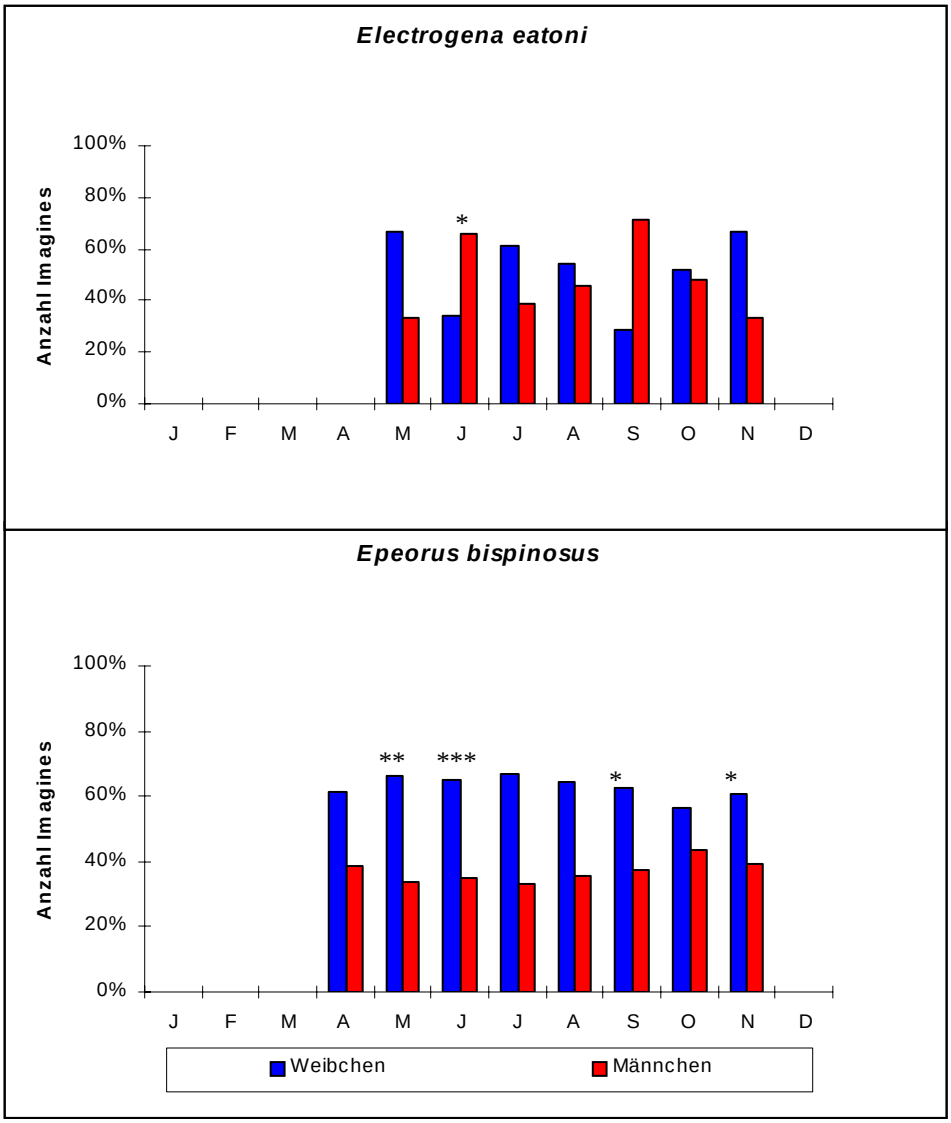

Abb. 6.4: Prozentualer Anteil weiblicher und männlichen Imagines bei *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* im Naggarbach 1997
Signifikanzgrenzen: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

6.4 Einfluss abiotischer Faktoren auf die Emergenz

Mit den täglichen Ergebnissen der Emergenzfalle am Naggarbach wurden für den Zeitraum vom 17.05.1997 bis 08.11.97 multiple lineare Regressionen durchgeführt, um festzustellen, welche Faktoren das Schlüpfen der Imagines bestimmen. Als Variablen für die Berechnung des Pearson-Korrelations-Koeffizienten dienten Zeitpunkt (Ordnungszahl der Tage im Jahresverlauf), Regen, Lufttemperatur, Wassertemperatur, Mondphasen und der Monsun, die mit der Emergenzrate von *Epeorus bispinosus*, *Electrogena eatoni* und der Gesamtemergenz in Beziehung gesetzt wurden. Da die Abhängigkeiten von der Zeit offenkundig nicht linear waren, wurden bei den Regressionen Polynome bis zum 4. Grad des relativen Datums berücksichtigt. Bei den Mondphasen wurde die relativ sichtbare Fläche des Mondes zugrundegelegt, die sich aus der Regression einer Sinuskurve durch die Mondphasen - Vollmond und Neumond - ergab. Der Zeitraum des Monsuns wurde für den Zeitraum vom 10.07.1997 bis 08.09.1997 aufgrund aufeinanderfolgender Tage von Starkregen festgelegt (Kap. 3.5).

Tab. 6.4: Pearson-Korrelations-Koeffizienten mit den Variablen Datum, Regen, Lufttemperatur, Wassertemperatur, Mondphasen und Monsunzeit für die Emergenz von *Epeorus bispinosus*, *Electrogena eatoni* und Gesamtemergenz. Signifikanzgrenzen: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Variable	*Epeorus bispinosus*	*Electrogena eatoni*	Gesamtemergenz
Datum	- 0,44 ***	- 0,15 *	- 0,49 ***
Datum^2	0,53 ***	0,01	0,53 ***
Datum^3	- 0,40 ***	- 0,07	- 0,48 ***
Datum^4	0,47 ***	- 0,07	0,44 ***
Regen	- 0,11	0,01	- 0,09
Lufttemperatur	- 0,12	0,09	- 0,12
W.-Temperatur	- 0,20 **	0,08	- 0,19 *
Mondphasen	0,04	0,01	- 0,02
Monsun	- 0,46 ***	- 0,27 ***	- 0,52 ***

Die Komponenten *Epeorus bispinosus* und Gesamtemergenz zeigen bei der linearen und polynominalen Betrachtung des Datums (Ordnungszahl der Tage im Jahresverlauf) höchst signifikante Korrelationen von 40 % bis 53 %. Diese Daten sind biologisch schwer interpretierbar, denn das Datum der linearen Regression ist negativ korreliert, während die binominale Betrachtung des Datums eine positive Korrelation mit der Schlupfrate aufweist. Die negative Korrelation der linearen Betrachtung bedeutet, dass die Schlupfrate im Untersuchungsraum kontinuierlich abnimmt und die positive Korrelation der binominalen Betrachtung zeigt, dass die Schlupfrate zunimmt oder der Abfall abgebremst ist.
Regen, Mondphasen und Lufttemperatur zeigen keine signifikanten Korrelationen. Dagegen lassen sich etwa 20 % der geschlüpften Tiere von *Epeorus bispinosus* und der Gesamtemergenz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5% durch die Wassertemperatur erklären. Von allen Variablen reagiert die Wassertemperatur am trägsten auf

Veränderungen und berücksichtigt daher das Integral der vorhergehenden Tage, die vermutlich für das Schlüpfen auch eine Rolle spielen.
Ein weiterer Faktor, der eine wichtige Rolle für das Schlüpfen der Tiere spielt, ist der Monsun. Er weist bei allen 3 Untersuchungsgruppen *E. bispinosus*, *E. eatoni* und der Gesamtemergenz eine höchst signifikante Korrelation auf (Tab. 6.4).

In Tabelle 6.5 sind die Ergebnisse der multiplen Regressionen bei der Betrachtung eines Faktors aufgeführt.

Tab. 6.5: Multiple Regressionsanalysen für die Variablen Datum, Regen, Monsun, Mondphasen, Luft- und Wassertemperatur
Betrachtung von R^2 des ersten Faktors

Epeorus bispinosus	*Electrogena eatoni*	Gesamtemergenz
0,28 Datum^2	0,02 Datum	0,28 Datum^2
0,22 Datum^4	0,01 Monsun	0,26 Monsun
0,21 Monsun	0,01 Lufttemp.	0,23 Datum
0,19 Datum	0,01 Wassertemp.	0,23 Datum^3
0,16 Datum^3	0,00 Datum^3	0,19 Datum^4

Bei den multiplen Regressionsanalysen lassen sich bei *E. bispinosus* 21,2 % und bei der Gesamtemergenz 26 % der Variabilität der Schlupfrate durch den Monsunzeitraum erklären (multiples R^2). Deswegen wurden mit einem H-Test (KRUSKAL-WALLIS-Test) überprüft, ob es signifikante Unterschiede der Schlupfraten vor, während und nach der Monsunzeit gibt. Mit einem Folgetest wurden die Effekte lokalisiert (Kap. 3.5). Die Ergebnisse des H - Tests und des Folgetests sind in den Tabellen 6.6a und 6.6b wiedergegeben.

Tab. 6.6a: H-Test für die Variablen *Epeorus bispinosus*, *Electrogena eatoni*, Gesamtemergenz, Regen, Luft- und Wassertemperatur für die Zeiträume vor, während und nach dem Monsun.
0 = Zeitraum vor Monsun, 1 = Zeitraum während des Monsuns, 2 = Zeitraum nach dem Monsun; N - Anzahl der Tage im Untersuchungszeitraum; Mittlerer Rang = Maßzahl die angibt, welcher Median der 3 Werte der Höchste ist.

Variable	Monsun	N	Mittlere Ränge	Monsun	N	Mittlere Ränge	Monsun	N	Mittlere Ränge	Signifik.
E. bispinosus	0	54	129,03	1	61	58,00	2	61	83,11	***
El. eatoni	0	54	105,22	1	61	81,87	2	61	80,33	**
G.-Emerg.	0	54	139,96	1	61	46,92	2	61	84,52	***

Tab. 6.6b: Paarweise Betrachtung der Untersuchungszeiträume für die untersuchten Variablen im H-Test

Verglichene Untersuch.-zeiträume	*Epeorus bispinosus*	*Electrogena eatoni*	Gesamt-emergenz
0 - 1	***	*	***
0 - 2	***	**	***
1 - 2	***		***

Die Mittleren Ränge der Schlupfraten weisen bei *E. bispinosus* und der Gesamtemergenz höchst signifikante und bei *El. eatoni* hoch signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungszeiträumen auf (Tab. 6.6a). Der Vergleich der Untersuchungszeiträume zeigt, dass die mittleren Ränge der Schlupfrate von *E. bispinosus* und der Gesamtemergenz vor dem Monsun höchst signifikant über der Schlupfrate während des Monsuns liegt und steigt danach wiederum höchst signifikant an (Tab. 6.6a/b). Diese Ergebnisse bestätigen, dass der Einfluss des Monsuns auf den Emergenzverlauf der Ephemeropteren, wie er bereits in Kap. 6.1 gezeigt wird, höchst signifikant ist. Auch der Verlauf der Emergenzrate von *E. bispinosus* (Kap. 6.3) wird höchst signifikant vom Monsun beeinflusst.
Bei den Schlupfraten von *El. eatoni* lassen sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Zeiträumen vor und während des Monsuns und ein hoch signifikanter Unterschied vor und nach dem Monsun feststellen. Dagegen gibt es keinen Unterschied der Emergenzrate während und nach dem Monsun. Dies bestätigt die Ergebnisse des Emergenzverlaufs von *El. eatoni* im Naggarbach 1997 (Kap. 6.3).

7. Diskussion der Dynamik und Emergenz der Ephemeroptera

7.1 Saisonale Dynamik der Ephemeropteren

Mit den jetzt vorliegenden Emergenz- und Benthosdaten ist es möglich, die auf S. 2 geäußerte Hypothese, ob die Entwicklung der Heptageniiden, wie die der palaearktischen Arten in den gemäßigten Breiten, synchronisiert mit einer zeitlich begrenzten Emergenzperiode verläuft, zu überprüfen.

Dazu wurde eine erste Interpretation der Lebenszyklen der Arten vorgenommen. Die Einteilung zu Entwicklungstypen erfolgte an Hand des Vorkommens schlupfreifer Larven, der aufgezogenen Imagines und den Ergebnissen aus den Emergenzfallen. Da die Bestimmung von Kleinstlarven unter 5 mm nach dem bisherigen Kenntnisstand noch nicht möglich ist, konnten keine individuellen Kohorten unterschieden werden. In Anlehnung an die Vorgehensweise anderer Wissenschaftler wird deswegen in der vorliegenden Arbeit von Generationen und nicht von Kohorten gesprochen.

Je nach Zeitpunkt der Larvalentwicklung werden Winter- und Sommerzyklen unterschieden (CLIFFORD, 1982; STUDEMANN et al., 1992). Da über die Entwicklung der Larven nicht immer genügend Informationen vorliegen, wurde als Winterzyklus definiert, wenn die Entwicklung zur Imago bis vor dem Einsetzen der Monsunniederschläge erfolgte, und als Sommerzyklus, wenn die Larvalentwicklung nach dem Monsun begonnen und in den darauf folgenden Monaten im gleichen Jahr die Emergenz erfolgte.

In Tabelle 7.1 (S. 74) sind die Lebenszyklen der Arten aus dem Kullutal, deren Vorkommen und Verbreitungsschwerpunkt in den Untersuchungsgewässern aufgelistet.

Afghanurus vicinus weist, wie dies von fast allen Heptageniiden der gemäßigten Breiten bekannt ist, einen univoltinen Zyklus mit kurzer Emergenzphase der Imagines Ende Juni bis Ende Juli auf. Bei der Betrachtung des Entwicklungsverlaufs dieser Art fällt das abrupte Auftreten schlupfreifer Larven auf. Offenbar findet der Hauptwachstumsschub erst kurz vor der Emergenz statt, denn die hohen Individuenzahlen sprechen gegen ein Eindriften aus höheren Lagen des Gewässers. Die Eier durchlaufen vermutlich eine lange Diapause, da Kleinstlarven, die wahrscheinlich dieser Gattung zuzuordnen waren, erst im Dezember aufgetreten sind.[6]

Die Larven dieser Art waren nur in Gewässern unter 1800 m ü.N.N. vertreten. Dies entspricht auch den Fundorten von DEMOULIN (1964), der die Imagines von *A. vicinus* von einem Gewässer auf 1700 m ü.N.N. in Afghanistan beschreibt. BRODSKY (1980) nimmt an, dass *A. vicinus* DEM. ein Synonym von *Ecdyonurus rubrofasciatus* BROD. ist. Diese Art kommt in Mittelasien in Gewässern auf 800 - 1700m ü.N.N. mit Temperaturen zwischen 11 und 17°C vor. Offenbar kommt *A. vicinus* in Gewässern bis 1800 m ü.N.N vor und tritt in tieferen Lagen häufiger auf. Dies konnte ich durch Untersuchungen 1999 im Kullutal bestätigen.

[6]Junge Larvenstadien von *Afghanurus vicinus* können nicht sicher von *Electrogena eatoni* unterschieden werden.

Für ***Electrogena eatoni*** lassen die Daten in den Gewässern im Kullutal bis 2000 m ü.N.N. keine eindeutige Festlegung eines Lebenszyklus zu. Ein univoltiner Winterzyklus mit langer Emergenzperiode und Schlupfmaximum im Monsun ist zwar nicht auszuschließen, aber die sehr lange Emergenzphase von Mai bis November liefert starke Hinweise, dass es sich um mehrere überlappende Generationen handelt, die einen asynchronen Entwicklungszyklus aufweisen. Auffällig ist, dass die Schlupfrate von *El. eatoni* im Naggarbach während des Monsuns im Juli und August höchst signifikant über der Schlupfrate der anderen Ephemeropterenarten liegt.
Im Kunoibach und im Gletscherabfluss Solangbach treten die ersten Larven von *El. eatoni* erst nach dem Monsun auf. Diese entwickeln sich sehr schnell und innerhalb eines Monats sind im Kunoibach alle Larven geschlüpft. Die Emergenzperiode ist, wie bei den Heptageniiden der gemäßigten Breiten, sehr kurz, allerdings sprechen die Daten aus diesen Gewässern für einen univoltinen Sommerzyklus, während die Heptageniiden in der Holarktis fast ausschließlich einen Winterzyklus aufweisen. Die Eier durchlaufen offenbar eine lange Diapause, so dass die Larven den Gefahren der Substratumlagerung während des Monsuns weniger ausgesetzt sind. Eventuell halten sich die Erstlarven auch im hyporheischen Interstitial auf und sind deswegen in den Benthosproben nicht erfasst worden. Weiterführende Untersuchungen im hyporheischen Interstitial müssen hier Klärung schaffen. Für den Solangbach ist ein ähnlicher Entwicklungsverlauf anzunehmen, auch wenn nicht von allen Monaten Daten vorliegen. *El. eatoni* ist sehr anpassungsfähig und weist einen flexiblen Lebenszyklus auf. Abhängig von der Höhenlage entwickeln sich ein oder auch mehrere Generationen. In höheren Lagen treten die Larven erst im Spätjahr ab September auf.

Epeorus bispinosus weist offenbar im Kullutal einen bivoltinen Lebenszyklus auf. Es ist aber nicht auszuschließen, dass auch bei dieser Art mit den langen Emergenzperioden von April bis November mehrere überlappende Generationen vorliegen. Dagegen wird für die Arten der Gattung *Epeorus* aus den gemäßigten Breiten in Europa und Amerika sowie von Hochgebirgsbächen im Atlas von Marokko, ein univoltiner Winterzyklus angegeben (LANDA, 1968; STUDEMANN et al., 1992; ALBA-TERCEDOR, 1990, FLOWERS et al., 1978; LEHMKUHL, 1968; OUAHSINE et al., 1996). Allerdings konnte THIBAULT (1971) in den Pyrenäen für Arten der Gattung *Epeorus* einen partiell bivoltinen Zyklus nachweisen. Vermutlich ermöglichen die hohen Temperaturen und die intensive Sonneneinstrahlung in diesen Breitengraden die Entwicklung mindestens einer weiteren Generation. HUMPESCH (1980) konnte für mehrere Heptageniidenarten zeigen, dass die Entwicklungsdauer der Eier mit zunehmender Temperatur kürzer wird.

Die Sommergeneration der Larven im Wiesenbach in Naggar weist wesentlich geringere Individuenzahlen auf. Häufigkeitsabnahmen von Ephemeropterenlarven während der Regenzeit sind aus tropischen Bächen bekannt (BISHOP, 1973; BRIGHT, 1982, DUDGEON, 1993), aber auch von Gewässern in den gemäßigten Breiten ist bekannt, dass Hochwässer eine reduzierende Wirkung auf Ephemeropterenpopulationen ausüben (MATTHEI et al., 1997; WINTERBOTTOM et al., 1997; DOLE-OLIVIER et al., 1997). Vermutlich haben die Hochwässer im Naggarbach während der Monsunzeit 1997 stark dezimierend auf die Population gewirkt. Dies bestätigen auch die Daten aus den Emergenzuntersuchungen im Naggarbach. 1996 und 1997 war ein ähnlicher Verlauf der Emergenz in der zweiten Jahreshälfte zu beobachten, aber die Gesamtzahlen der Ephemeropteren und auch der Heptageniidae unterscheiden sich in

beiden Jahren stark. In der zweiten Jahreshälfte 1997 betrug die Anzahl der geschlüpften Tiere jeweils nur ein Drittel der 1996 im entsprechenden Zeitraum Geschlüpften (Kap. 6.1). Solche Schwankungen der Häufigkeiten von Jahr zu Jahr sind auch von Ephemeropteren aus Gewässern gemäßigter Breiten bekannt. Die Individuenzahl der vorausgehenden Generationen hat nur eine geringe Bedeutung für die Anzahl der zum Schlupf kommenden Individuen einer Generation. Vielmehr spielen Abfluss- und Temperaturschwankungen, Räuber und Substratverteilung eine Rolle (ILLIES, 1975, 1980; WAGNER, 1984).

Das Geschlechterverhältnis der Imagines von *E. bispinosus* zeigte in der Emergenzfalle am Naggarbach eine auffällige Verteilung. Die Anzahl der 1997 monatlich im Emergenzhaus gesammelten Imagines von *E. bispinosus* schwankte stark, aber der Anteil der Weibchen war mit über 60% konstant hoch. Die Gesamtwerte der weiblichen und der männlichen Imagines weichen hochsignifikant vom 1:1 Verhältnis ab. Bei den Untersuchungen am Breitenbach in Schlitz war der Anteil der männlichen Imagines der Ephemeroptera größer als der der Weibchen (ILLIES, 1973). Daten aus Emergenzfallen über dem Bach Six Mile Creek in Pennsylvania zeigen dagegen sehr variable Geschlechterverteilung bei den Familien der Ephemeropteren (GRANT, mündl. Mitteilung 1999). In der Gruppe der Heptageniidae schwankte das Geschlechterverhältnis stark, aber in der Regel überwog der Anteil der männlichen Imagines. Gründe dafür sind bisher noch nicht bekannt. Möglicherweise spielt das unterschiedliche Schwarmverhalten der männlichen Imagines eine Rolle (BRODSKY, 1973; SAVOLAINEN, 1978; SAVOLAINEN et al., 1993).

E. bispinosus ist im Kullutal in Gewässern bis 2600 m verbreitet. Im Solangbach, dem Gletscherabfluss auf 2700 m ü.N.N., kommt diese Art nicht mehr vor. Auch BRAASCH (1980a) meldet diese Art aus Nepal nur aus Gewässern bis zu 2500 m ü.N.N.. Neben der Höhe als verbreitungslimitierendem Faktor spielt wahrscheinlich auch der hohe Siltanteil im Gewässer eine Rolle, denn im Kunoibach (2000 m), der eine hohe Schlammfracht während des Monsuns führt, kommt *E. bispinosus* nur im Herbst und dann selten vor. Zudem reagierte *E. bispinosus* in den Schlupfbechern sehr empfindlich auf Silt. In einem klaren Waldbach in Karol auf 2600 m ü.N.N. war die Art sehr häufig.

Im Naggar- und Nishallahbach war auffallend, dass viele schlupfreife Larven von *E. bispinosus* im Spätjahr größer sind als im Frühjahr. Im Gegensatz dazu sind bei den nordamerikanischen und europäischen Arten der Gattung *Epeorus* die Imagines der Sommergeneration kleiner als die der Wintergeneration (CLIFFORD, 1982). Möglicherweise führt der erhöhte Eintrag von Detritus durch die Monsunregenfälle zu diesem größeren Wachstum der Larven. Von jungen Larvenstadien der Gattung *Epeorus* ist bekannt, dass Detritus ihre Hauptnahrungsquelle ist, während ältere Larvenstadien den Algenaufwuchs abweiden (FULLER et al., 1997). Vielleicht ist das stärkere Wachstum aber auch auf eine symbiotische Wirkung mit den in Kap. 9 beschriebenen auf Ephemeropteren phoretisch lebenden Simuliiden zurückzuführen.

Im Gegensatz zu den kaltstenothermen Arten der Gattung *Iron* und *Rhithrogena* ist *E. bispinosus* eurytherm und kommt im Kullutal häufig auch in Gewässern vor, die im Sommer eine Temperatur von 20°C überschreiten. In Zentraleuropa kommt *Epeorus sylvicola* in Gewässern mit Temperaturen von 16 - 20°C vor, während *Epeorus alpicola* strikt kalt-stenotherm ist (BAUERNFEIND, mündl. Mitteilung 1999). Untersuchungen in Gebirgsbächen der Sierra Nevada (Spanien) und im Atlas (Marokko) zeigen, dass Wassertemperaturen über 15°C auf dort vorkommende *Epeorus*-Larven letal wirken (ALBA-TERCEDOR, 1990; OUAHSINE et al., 1996). Auch von amerikanischen Arten

dieser Gattung ist bekannt, dass sie in Gewässern mit Wassertemperaturen über 16°C nicht überleben (LEHMKUHL, 1968).

Die Untersuchungen in den Gebirgsbächen Kunoi- und Nishallahbach deuten darauf hin, dass ***Iron martensi*** bivoltin ist, wobei die Sommergeneration einen sehr kurzen Entwicklungszyklus aufweist. Für die vielen fast schlupfreifen Larven von *I. martensi,* die im Juni im Solangbach vorkommen, ist anzunehmen, dass sie vor dem Einsetzen des Monsuns zur Imago schlüpfen und die im Herbst vorkommenden schlupfreifen Larven der nachfolgenden Generation angehörten.

Eine andere Möglichkeit wäre, dass nicht aus allen Eiern vor dem Monsun Larven schlüpfen, sondern ein Teil der Eier eine längere Eidiapause durchführt und die Entwicklung erst nach dem Monsun fortgesetzt wird. Die hohen Individuenzahlen sprechen dagegen, dass die Larven aus weiter höher gelegenen Gewässerabschnitten eingeschwemmt worden sind, da dort von einer längeren Entwicklungsdauer auszugehen ist. Die Emergenzperioden im Mai/Juni und August/September sind bei *I. martensi* in allen Untersuchungsgewässern kürzer als bei *Epeorus bispinosus*.

Im Raogibach auf 1600 m ü.N.N. entwickelte *I. martensi* nur eine Wintergeneration. Möglicherweise wurden die Larven der Sommergeneration durch starke Hochwässer verdriftet oder es treten nur wenige Tiere dieser Art in Gewässern dieser geringen Höhe auf. *I. martensi* hat seinen Verbreitungsschwerpunkt in diesen Breitengraden über 2000 m ü.N.N.. Die hohen Abundanzen von *I. martensi* im Kunoibach (2000 m ü.N.N.) und Solangbach (2700 m ü.N.N.) bestätigen dies. TRAVER (1939) meldet diese Art aus Gewässern in Ladakh zwischen 2000 m und 3000 m ü.N.N. und BRAASCH (1981c) aus Nepal aus Gewässern zwischen 2400 m und 3400 m ü.N.N.

Das unregelmäßige jahreszeitliche Auftreten unterschiedlicher Lavenstadien von ***Iron psi*** in den Untersuchungsgewässern lässt keine eindeutige Aussage zur Populationsdynamik zu. Die Daten aus dem Raogi- und Nishallahbach deuten auf einen bivoltinen Zyklus mit langer Emergenzphase von Mai bis Oktober, mit Aussetzen der Emergenz im August, hin.

I. psi hat seinen Verbreitungsschwerpunkt im Gegensatz zu *I. martensi* in Gewässern unterhalb von 2000 m Höhe. BRAASCH vermutete die Art erst nur in Gewässern bis 750 m ü.N.N. in Nepal (1980b), bestätigte aber später das Vorkommen bis 2100 m ü.N.N. (1981b). Im Untersuchungsgebiet tritt die Art bis 2700m ü.N.N. im Solangbach auf, zeigt aber die höchsten Abundanzen im Raogibach auf 1600 m ü.N.N., wobei die Individuenzahlen in keinem der untersuchten Gewässer hoch waren.

Die Untersuchungen der Larvenstadien von ***Iron nigripilosus*** erlauben keine eindeutige Aussage zur Populationsdynamik, legen aber für den Nishallahbach einen bivoltinen Lebenszyklus nahe. Auch diese Art zeigt eine lange Emergenzzeit von Juni bis Oktober.

In einigen Fällen war die Zuordnung der Larvenstadien zu einer der beiden Arten *I. psi* oder *I. nigripilosus* nicht immer eindeutig möglich. Weitere Untersuchungen mit anderen Methoden wie beispielsweise der Elektrophorese sollten hier in Zukunft Klärung verschaffen.

Iron sinespinosus zeigt im Solangbach einen univoltinen Winterzyklus. Der Verbreitungsschwerpunkt dieser Art liegt im Kullutal in Gewässern über 2500 m ü.N.N.. *I. sinespinosus* kommt im Solangbach häufig vor und tritt in den Gebirgsbächen Kunoi- und Nishallahbach auf etwa 2000 m ü.N.N. nur vereinzelt und unregelmäßig auf. Dagegen meldet Braasch (1978) die Art aus einem Bergbach auf 1500 m ü.N.N. aus Tadschikistan.

Die schlupfreifen Larven der Gattung *Iron* kommen nach BRODSKY (1980) in den Gebirgsbächen und –strömen des Tien Shan und im westlichen Pamir während des ganzen Jahres vor, wobei sie häufiger im Sommer als im Winter auftreten BRODSKY (1980) nimmt an, dass die Arten der Gattung *Iron* in den mittleren und unteren Gewässerabschnitten mindestens zwei Generationen ausbilden, wobei die Sommergeneration höhere Abundanzen aufweist als die Wintergeneration. In höher gelegenen Gewässerabschnitten (2000 - 3000 m ü.N.N.) liegen die höchsten Individuenzahlen im September vor, in den obersten Lagen erst Ende September. Dies kann für die *Iron*-Arten im Kullutal für das Jahr 1997 nicht bestätigt werden. Die Daten aus dem Jahr 1995, mit sehr hohen Abundanzen von *I. martensi* im Kunoibach während des Monsuns, legen aber die Vermutung nahe, dass auch bei dieser Art die Sommergeneration höhere Abundanzen aufweist als die Wintergeneration.

Rhithrogena tianshanica zeigt in den Gewässern im Kullutal einen univoltinen Winterzyklus mit einer langen Emergenzperiode von April bis Juli. Dagegen weist die Art in den Gewässern im Tien Shan und westlichen Pamir, abhängig von der Höhe, ein bis zwei Generationen pro Jahr auf. In tieferen Lagen, in denen zwei Generationen auftreten, ist die Wintergeneration zahlenmäßig größer (BRODSKY, 1980).

Der Verbreitungsschwerpunkt von *Rh. tianshanica* liegt im Kullutal über 2500 m ü.N.N.. In Nepal kommt *Rh. tianshanica* zwischen 2500 m bis 3000 m Höhe vor (BRAASCH, 1980a). BRODSKY (1980) meldet diese Art aus Gewässern zwischen 1100 m und 3000 m ü.N.N. mit Temperaturen zwischen 5°C und 11°C, wobei die maximale Abundanz zwischen 1800 m bis 2000 m bei Temperaturen zwischen 6°C und 7,5°C auftrat. Auch im Untersuchungsgebiet kommt *Rh. tianshanica* am häufigsten im Solangbach vor, wo auch im Sommer die Wassertemperatur 10°C nicht überschreitet. Neben der Temperatur ist für das Vorkommen von *Rh. tianshanica* das Vorhandensein der für Rheobionte typischen Habitate der ausschlaggebende Faktor (BRODSKY, 1980).

Im Vergleich zu den Arten der Gattung *Iron* bevorzugt *Rh. tianshanica* Stellen mit etwas langsamerer Fließgeschwindigkeit.

Rhithrogena sp 1. hat einen univoltinen Winterzyklus mit einer kurzen Emergenzphase im Mai. Verbreitungsschwerpunkt scheint auf 2000 m ü.N.N. zu liegen, da die Art nur im Kunoibach und Nishallahbach vorkam

Die ersten Ergebnisse der Lebenszyklen der Heptageniiden im Kullutal bestätigen nicht die Hypothese, dass ihre Entwicklungszyklen phänologisch synchron ablaufen und nur kurze Emergenzphasen aufweisen, wie dies von den Arten der Palaearktis bekannt ist. Bei einem Teil der Arten (Tab. 7.1) sind die Entwicklungszyklen nicht, oder nur sehr wenig, synchronisiert und sie weisen sehr lange Emergenzperioden auf. Auch die Entwicklung der Ephemeropteren in den Tropen und Subtropen verläuft asynchron (BISHOP, 1973; JACOBSEN et al., 1997, 1998; TURCOTTE et al., 1982) und in tropischen Fließgewässern in Puerto Rico zeigen die Ephemeropteren lange, nicht saisonale Emergenzperioden (GRANT et al., 1997; MASTELLER, 1993; MASTELLER et al., 1993).

Das Vorkommen univoltiner und asynchroner Entwicklungszyklen deutet daraufhin, dass sich in den untersuchten Hochgebirgsregionen, die sich direkt nördlich an die Subtropen anschließen, die Areale der kaltstenothermen, rheobionten Arten der gemäßigten Breiten mit Arten der subtropischen Zonen überlappen. Aufgrund der Höhe und der der daraus resultierenden niedrigen Temperatur, erlischt die Emergenz im Winter fast vollständig und vermutlich verlangsamt sich auch das Wachstum der Larven, wie dies aus den gemäßigten Breiten bekannt ist.

Die Heptageniiden im Kullutal weisen zum Teil sehr flexible Lebenszyklen auf. Wahrscheinlich ist dies eine Anpassung an die starken Schwankungen der klimatischen Faktoren und die starken Substratumlagerungen während des Monsuns. Ähnliches berichtet SUTER von australischen Arten der Ephemeropteren. Dort sind die meisten Arten aufgrund der hohen Variabilität der Klimafaktoren und den vielen intermittierende Gewässern in ihren Lebenszyklen opportunistisch. Die Lebenszyklen vieler Ephemeropterenarten sind nicht saisonal oder nur schwach saisonal ausgebildet und durch lange Emergenzperioden gekennzeichnet (mündl. Mitt., SUTER, 1999; TOWNS, 1983). Auch von einigen europäischen und amerikanischen Arten sind flexible Lebenszyklen bekannt (CLIFFORD, 1982) und es konnte verschiedentlich gezeigt werden, dass sich Ephemeropterenlarven an verschiedenen Lebensbedingungen anpassen können (NEWBOLD et al., 1994; SWEENEY et al., 1992).

Diese ersten Daten über die Lebenszyklen der Heptageniiden im Kullutal deuten daraufhin, dass die Tiere in der Übergangszone zwischen den gemäßigten und tropischen Zone vermutlich eine Vielzahl von Strategien verschiedener Lebenszyklen entwickelt haben, die abhängig von der Höhe variieren. Zusätzlich bestimmt der Monsun durch seine lang anhaltenden Regenfälle und die dadurch erhöhten Abflüsse den Rhythmus der Entwicklungszyklen (Kap. 7.2).

Tab. 7.1:Lebenszyklen der Heptageniidae im Kullutal, deren Vorkommen und Verbreitungsschwerpunkt.

Art	Lebenszyklus	Verbreitungsschwerpunkt und Vorkommen
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	univoltin: Winterzyklus kurze Emergenzperiode: Juni bis Juli	**< 1800 m ü.N.N.** Raogibach 1600 m ü.N.N. Nishallahbach 1800 m ü.N.N.
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	mehr als eine Generation lange Emergenzperiode: Mai bis November univoltiner Sommerzyklus kurze Emergenzperiode: Oktober	Raogibach 1600 m ü.N.N. Nishallahbach 1800 m ü.N.N. Naggarbach 1900 m ü.N.N. Kunoibach 2000 m ü.N.N. **Solangbach 2700 m ü.N.N.**
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980a	bivoltin: Winter- und Sommerzyklus oder überlappende Generationen lange Emergenzphase: April bis November	**< 2000 m ü.N.N.** **Raogibach 1600 m ü.N.N.** **Nishallahbach 1800 m ü.N.N.** **Naggarbach 1900 m ü.N.N.** Kunoibach 2000 m ü.N.N.
Iron martensi BRAASCH, 1981a	bivoltin: Winter- und Sommerzyklus jeweils kurze Emergenzperioden: Mai/Juni und August/ September	**> 2000 m ü.N.N.** Raogibach 1600 m ü.N.N. Nishallahbach 1800 m ü.N.N. **Kunoibach 2000 m ü.N.N.** **Solangbach 2700 m ü.N.N.**
Iron psi (EATON, 1885)	univoltin bis bivoltin asynchrones Schlüpfen lange Emergenzperiode Juni bis Oktober (Ausnahme August)	**< 2000 m ü.N.N.** **Raogibach 1600 m ü.N.N.** **Nishallahbach 1800 m ü.N.N.** Naggarbach 1900 m ü.N.N. Kunoibach 2000 m ü.N.N. Solangbach 2700 m ü.N.N.
Iron nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	univoltin bis bivoltin asynchrones Schlüpfen lange Emergenzperiode Juni bis Oktober	**< 2000 m ü.N.N.** Raogibach 1600 m ü.N.N. **Nishallahbach 1800 m ü.N.N.** Naggarbach 1900 m ü.N.N. **Kunoibach 2000 m ü.N.N.** Solangbach 2700 m ü.N.N.
Iron sinespinosus BRAASCH, 1978	univoltin: Winterzyklus kurze Emergenzperiode: September	**> 2500m ü.N.N.** Nishallahbach 1800 m ü.N.N. Kunoibach 2000 m ü.N.N. **Solangbach 2700 m ü.N.N.**
Rhithrogena tianshanica BRODSKY, 1930	univoltin: Winterzyklus Lange Emergenzphase April bis Juli	**> 2000 m ü.N.N.** Raogibach 1600 m ü.N.N. Nishallahbach 1800 m ü.N.N. Kunoibach 2000 m ü.N.N. **Solangbach 2700 m ü.N.N.**
Rhithrogena sp 1.	Univoltin: Winterzyklus kurze Emergenzphase im Mai	Nishallahbach 1800 m ü.N.N. **Kunoibach 2000 m ü.N.N.**

Fettdruck: hohe Abundanz der Art im Gewässer.

7.2 Verlauf der Emergenz

Von Fließgewässern in den gemäßigten Breiten ist bekannt, dass der Wasser- und Lufttemperatur eine auslösende Wirkung auf das Schlüpfen der (Sub)Imagines der Ephemeropteren zukommt (ILLIES, 1971, 1978).

Dagegen zeigen Untersuchungen an Fließgewässern in tropischen Regionen, dass die Temperatur keinen Einfluss auf die Emergenz hat (BÖTTGER, 1975; KOPELKE, 1981). In den Tropen sind die Temperaturunterschiede gering und es wird angenommen, dass saisonale Niederschläge die Emergenz regulieren (MC ELRAVY et al. 1982; TJONNELAND, 1960). Einige Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Lunarperioden einen Einfluss auf das Schlupfverhalten haben können(CORBET, 1958; CORBET et al., 1974, HARTLAND -ROWE, 1955; PESCADOR et al., 1993; WOLDA et al., 1985).

Im Kullutal lassen die täglichen Messungen von Lufttemperatur, Regen und Mondphasen keine Korrelationen mit den Ergebnissen der Gesamtemergenz oder der Emergenz von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* erkennen und nur 20 % der geschlüpften Tiere von *Epeorus bispinosus* und der Gesamtemergenz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5 % lassen sich durch die Wassertemperatur erklären. Dagegen sind die Korrelationen mit dem Datum (Ordnungszahl der Tage im Jahresverlauf) und mit dem Monsunzeitraum höchst signifikant. Ein Vergleich der Schlupfraten von *Epeorus bispinosus* und der Gesamtemergenz im Zeitraum vor, während und nach dem Monsun zeigt, dass die Schlupfraten vor dem Monsun hoch sind, während des Monsuns zurückgehen und dann wieder zunehmen ($p< 0{,}001$). Auch bei *Electrogena eatoni* geht die Schlupfrate während der Monsunzeit zurück ($p<0{,}05$), steigt danach aber nicht mehr an (Kap. 6.4).

Erstaunlicherweise konnten in tropischen, afrikanischen Bächen keine deutlichen Auswirkungen von Regen- und Trockenzeit auf die Emergenz festgestellt werden (KOPELKE, 1981). Auch die Untersuchungen in einem Regenwaldbach in Puerto Rico zeigten keine klare Korrelation zwischen durchschnittlichen monatlichen Niederschlägen und Emergenz der Ephemeroptera (PESCADOR et al., 1993). In beiden Fällen kam es jedoch in diesen Gewässern nicht zu starken Wasserstandsschwankungen während der Regenzeit. In den afrikanischen Bächen kam es während der Regenzeit allenfalls nach heftigen Gewitterregen zu tageszeitlichen Schwankungen aber nicht zu anhaltend hohen Abflüssen (KOPELKE, 1981). Im Kullutal dagegen treten starke Wasserstandsschwankungen in den Gewässern während der Monsunzeit auf.

Diese Ergebnisse geben starke Hinweise, dass nicht die Regenfälle oder die Bewölkung während der Monsunzeit als Emergenz auslösende bzw. Emergenz unterdrückende Faktoren eine Rolle spielen, sondern die mit den Niederschlägen verbundenen hohen Abfluss- und Wasserstandsschwankungen sind Zeitgeber für die Entwicklung der Ephemeropteren im Kullutal. Dadurch bringen die Hochwässer eine saisonale Komponente in die Entwicklung. Dies konnte auch bei zwei Baetiden-Arten in Gewässern in Nepal gezeigt werden (GUPTA, 1993).

8. Die Biozönosen der Larven der Heptageniidae in den Untersuchungsgewässern

8.1 Diversität der Gewässer und Dominanzstruktur der Biozönosen

Von den neun aus dem Kullutal bekannten Heptageniidenarten kommen drei Arten *Electrogena eatoni*, *Iron psi* und *I. nigripilosus*, in allen fünf Untersuchungsgewässern vor. Larven von *Iron martensi* und *Rhithrogena tianshanica* sind in allen Bächen, mit Ausnahme des Naggarbachs, vertreten. Die Larven von *Epeorus bispinosus* fehlen nur in den Benthosproben aus dem Solangbach. *Iron sinespinosus* kommt in den drei Untersuchungsgewässern Kunoibach, Nishallahbach und Solangbach vor, während eine zweite Art der Gattung *Rhithrogena, Rh. sp. 1*, nur im Kunoibach und Nishallahbach gefunden wurde. Das Vorkommen von *Afghanurus vicinus* ist auf den Nishallahbach und Raogibach beschränkt (Tab. 8.1).

Tab. 8.1: Vorkommen der Larven der Arten der Familie der Heptageniidae in den Untersuchungsgewässern

x: Larven dieser Art sind im Gewässer vorhanden
-: Larven dieser Art sind im Gewässer nicht vorhanden

	Kunoibach 2000 m ü.N.N. 2. Ordnung	Naggarbach 1900 m ü.N.N. 1. Ordnung	Nishallahb. 1800 m ü.N.N. 2. Ordnung	Raogibach 1600 m ü.N.N. 2. Ordnung	Solangbach 2700 m ü.N.N. 3. Ordnung
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	x	x	x	x	x
I. nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	x	x	x	x	x
I. psi (EATON, 1885)	x	x	x	x	x
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980a	x	x	x	x	-
Iron martensi BRAASCH, 1981a	x	-	x	x	x
Rhithrogena tiansh. BRODSKY, 1930	x	-	x	x	x
I. sinespinosus BRAASCH, 1978	x	-	x	-	x
Rhithrogena sp 1.	x	-	x	-	-
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	-	-	x	x	-
Artenanzahl	**8**	**4**	**9**	**7**	**6**

Von den Daten der Benthosuntersuchungen 1997 wurden Diversitätsindizes der Gewässer nach SHANON WEAVER bestimmt (Kap. 3.5) und die Dominanzstrukturen der Taxa im Jahresverlauf innerhalb der Gewässer untersucht (Tab. 8.2; Abb. 8.1). Die Überprüfung der Daten auf signifikante Unterschiede der Diversitätsindizes mit dem T-Test nach MÜHLENBERG (1998) (Kap. 3.5) ergab, dass die Diversitätsindizes aller Gewässer sich höchst signifikant unterscheiden und nur bei den Diversitätsindizes des Solangbachs und des Kunoibachs liegt kein signifikanter Unterschied vor.

Tab. 8.2: Diversitätsindizes und Eveness der Untersuchungsgewässer 1997. Die Anzahl der Probennahme ist in () angegeben

Probestellen	N Gesamtanzahl	S Artenanzahl	**H Diversität**	J Evenness
Kunoibach Apr-Dez 97 (9)	728	8	**1,41**	0,68
Naggarbach Jan-Dez 97 (11)	1036	4	**0,32**	0,23
Nishallahb. Jan-Dez 97 (12)	594	9	**1,58**	0,72
Raogibach Mai-Dez 97 (8)	1071	7	**0,68**	0,35
Solangbach Mai-Sep 97 (3)	993	6	**1,40**	0,78

Die maximale Diversität läge in diesem Gebiet aufgrund der maximalen Artenzahl von 9 bei ln9 = 2,2. Diesem Wert kommt der Nishallahbach am nächsten, gefolgt vom Kunoibach und Solangbach. Allerdings ist beim Solangbach zu beachten, dass hier im Untersuchungszeitraum nur in 3 Monaten Proben genommen wurden. Die Evenness zeigt bei allen 3 Gewässern, dass nicht die Artenzahl, sondern die gleichmäßige Verteilung der Individuen auf die Arten für den Ausbildungsgrad der Diversität verantwortlich ist. Dagegen sind die Diversitätsindizes des Naggar- und Raogibachs sehr niedrig und es liegt keine ausgewogene Verteilung der Individuen auf die Arten vor.

Dies spiegelt auch der Vergleich der Dominanzstrukturen der Heptageniidenbiozönose in den untersuchten Gewässern wider. Die Heptageniidenbiozönosen aller untersuchten Gewässer zeigen im Jahresverlauf wechselnde Dominanzstrukturen. Die Abbildung 8.1 und die Tabelle 12.8 im Anhang geben Auskunft über diesen Verlauf. Die monatlichen Gesamtzahlen sind in der Tabelle 12.8 ersichtlich.

Im **Kunoibach** kommen, mit Ausnahme von *Afghanurus vicinus,* alle aus dem Kullutal bekannten Heptageniidenarten vor. Im April 1997 treten, neben der Gattung *Iron*, die Larven der Gattung *Rhithrogena* auf. *Iron martensi* ist von April bis August mit einem Anteil von 44 - 94% vertreten. Auch während der Monsunzeit ist *I. martensi* die dominante Art (Juni 1997: 94 %). Die Larven der anderen *Iron*-Arten sind in dieser Zeit, mit Ausnahme des August 1997 *(I. nigripilosus* 44 %), nur in geringen Anteilen vorhanden. Nach der Regenzeit geht die Anzahl der Larven von *I. martensi* zurück und die Art fehlt in den Winterproben völlig. Dagegen ist *Electrogena eatoni* im September mit 52% die häufigste Art neben *Epeorus bispinosus* (14 %) und *I. nigripilosus* (13 %). Die beiden letzteren Arten sind bis Ende des Jahres in den Benthosproben vertreten. Die Larven von *Rhithrogena tianshanica* und *Rh. sp.1* sind vor allem im Frühjahr und Spätherbst/Winter stärker vertreten: *Rhithrogena tianshanica* im April mit 26 %, im November und Dezember mit 67 % und *Rh. sp.1* im Mai mit 22 % und mit 25 % im Dezember (Abb. 8.1; Tab. 12.8).

Der **Naggarbach**, der Wiesenbach 1. Ordnung, weist die geringste Diversität innerhalb der Biozönose der Heptageniidae der untersuchten Gewässer auf. Insgesamt treten nur die Larven von vier Heptageniidenarten auf, wobei keine gleichmäßige Verteilung der Arten vorliegt. *E. bispinosus* ist als eudominante Art über den ganzen Zeitraum mit über 70% innerhalb der Heptageniidenbiozönose vertreten. *E. eatoni* tritt, mit Ausnahme des

Augusts, mit Häufigkeiten zwischen 5 und 26 % auf. *I. psi* und *I. nigripilosus* kamen nur selten vor (Abb. 8.1; 12.8).

Der **Nishallahbach** weist von allen untersuchten Bächen die größte Diversität innerhalb der Familie der Heptageniidae auf. In diesem Gewässer kommen die Larven aller neun Heptageniidenarten vor, die aus dem Kullutal bekannt sind. Von Mai bis August 1997 liegen fast alle Arten in ausgewogenen Dominanzverhältnissen vor. In den übrigen Monaten gibt es einzelne dominante Arten und eine geringere Artenvielfalt. Im Gegensatz zum Kunoibach treten die Larven von *Electrogena eatoni* schon während der Monsunmonate Juni und Juli auf. Die Larven von *I. nigripilosus* und *E. bispinosus* sind fast das ganze Jahr vertreten, wobei im Oktober und November der Anteil von *E. bispinosus* über 80% beträgt (Abb. 8.1; Tab. 12.8).

Im **Raogibach** kommen im Jahresverlauf 1997 sieben der neun Arten der Heptageniidae vor, aber die Diversität liegt weit unterhalb des Kunoi- und Nishallahbachs. *E. bispinosus* ist, wie im Naggarbach, fast über den ganzen Untersuchungszeitraum von Mai bis Dezember 1997 mit über 70% der Heptageniidenlarven vertreten. Die übrigen Heptageniiden kommen mit Ausnahme von *I. psi* (Juni bis Oktober 10 – 16%) und *I. martensi* (Mai 17%) in geringer Anzahl vor.

Vom **Solangbach** liegen nur Benthosaufnahmen von drei Monaten vor. Die Überprüfung der Diversitäten des Kunoibachs und des Solangbachs mit dem T-Test ergibt keine signifikanten Unterschiede. Ein Vergleich der Biozönosen zeigt, dass, mit Ausnahme der Larven von *E. bispinosus*, im Solangbach die gleichen Arten vorhanden sind. Im Gegensatz zum Kunoibach sind jedoch im Solangbach die Larven von *I. martensi* im Mai und Juni nicht dominant. Neben den Larven von *I. martensi* kommen die Larven von *I. sinespinosus* und *Rhithrogena tianshanica* in ausgewogenem Verhältnis vor. Wie im Kunoibach traten Larven der Größenklasse über 5 mm von *Electrogena eatoni* erst im September auf und sind dann mit 71 % die häufigste Art (Tab. 12.8; Abb. 8.1). Die Junglarven halten sich vermutlich im Hyporheischen Interstitial auf oder die Entwicklung findet sehr schnell statt.

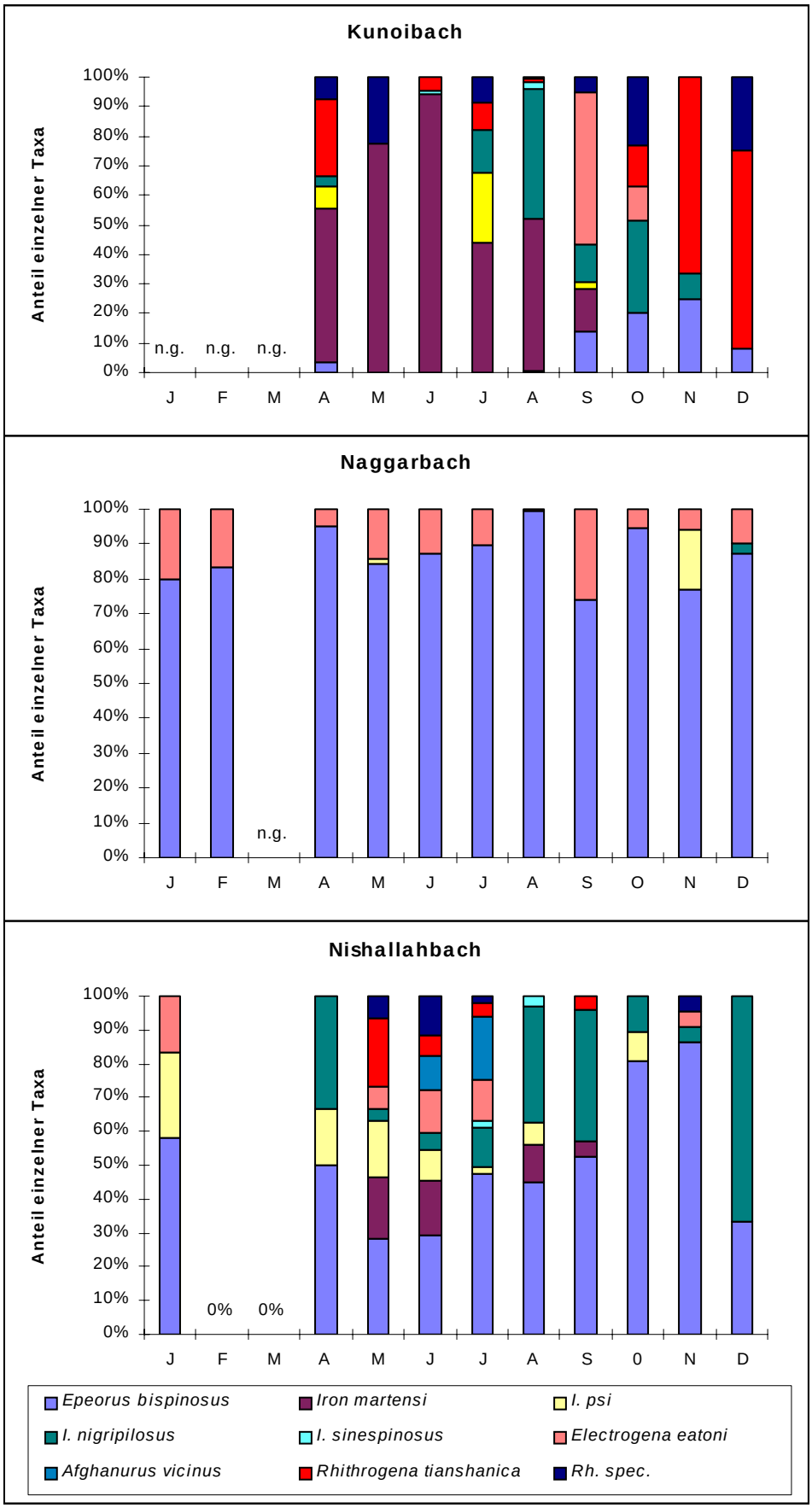

Abb. 8.1: Prozentuale Anteile der Taxa im Kunoibach, Naggarbach und Nishallahbach

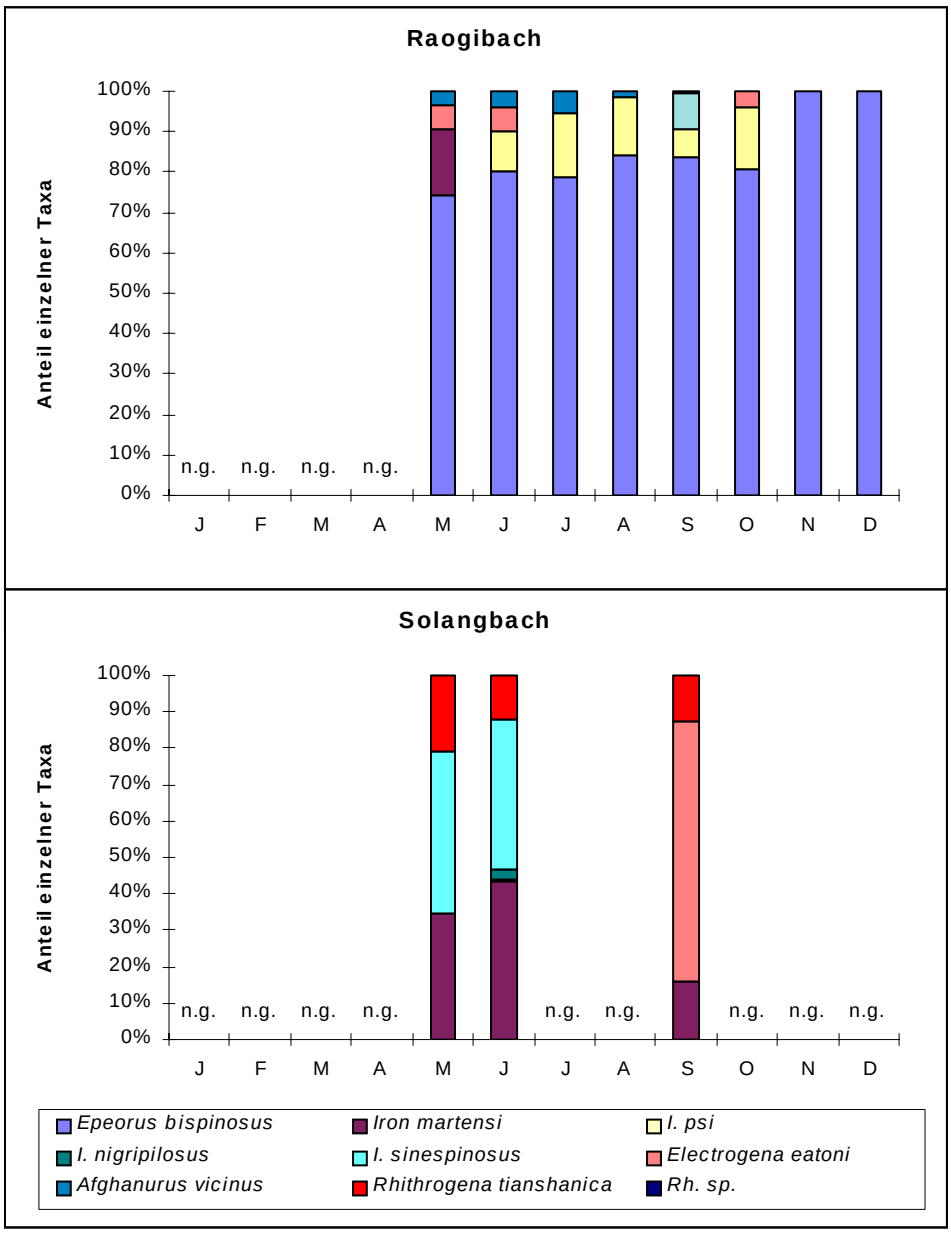

Abb. 8.1: Prozentuale Anteile der Taxa im Raogibach und Solangbach

8.2. Ähnlichkeiten der Biozönosen

Die Ähnlichkeit zwischen verschiedenen Biozönosen kann mit Hilfe geeigneter Indizes ausgedrückt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde der Ähnlichkeitsindex Kw nach WAINSTEIN (in MÜHLENBERG, 1989) berechnet (Kap. 3.5). Dieser berücksichtigt nicht nur das Vorkommen bzw. Fehlen gemeinsamer Taxa, sondern auch deren relative Häufigkeiten. Die Erstellung des Dendrogramms Abb. 8.2 erfolgte nach SINCLAIR (1976) (Kap. 12.9).

Die Ähnlichkeiten der Biozönosen der Untersuchungsgewässer wurden auf Grundlage der gemittelten jährlichen Larvenvorkommen beurteilt und folgendes festgestellt: Unabhängig vom Untersuchungsjahr sind die Ähnlichkeiten innerhalb eines Gewässers am Größten. Die größte Ähnlichkeit zwischen den Biozönosen unterschiedlicher Gewässer besteht zwischen dem Naggarbach und dem Raogibach und auch die Biozönose des Nishallahbachs steht diesen beiden nahe. Deutlich davon abgrenzbar ist die Gruppe der Biozönosen des Kunoibachs und des Solangbachs (Abb. 8.2).

Die Berechnungen zeigen, dass beim Nishallahbach, Kunoibach und Solangbach die Ephemeropterenbiozönose der monatlichen Untersuchungen innerhalb eines Jahresverlaufes sehr verschieden sind. Der Vergleich von gleichen Untersuchungsmonaten zeigt jedoch, dass die Ähnlichkeiten der Biozönosen im Jahresverlauf innerhalb eines Gewässers größer sind als die Ähnlichkeiten zwischen verschiedenen Gewässern im gleichen Untersuchungsmonat. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Fließgewässer, obwohl sie vernetzt sind, einen individuellen Charakter haben.

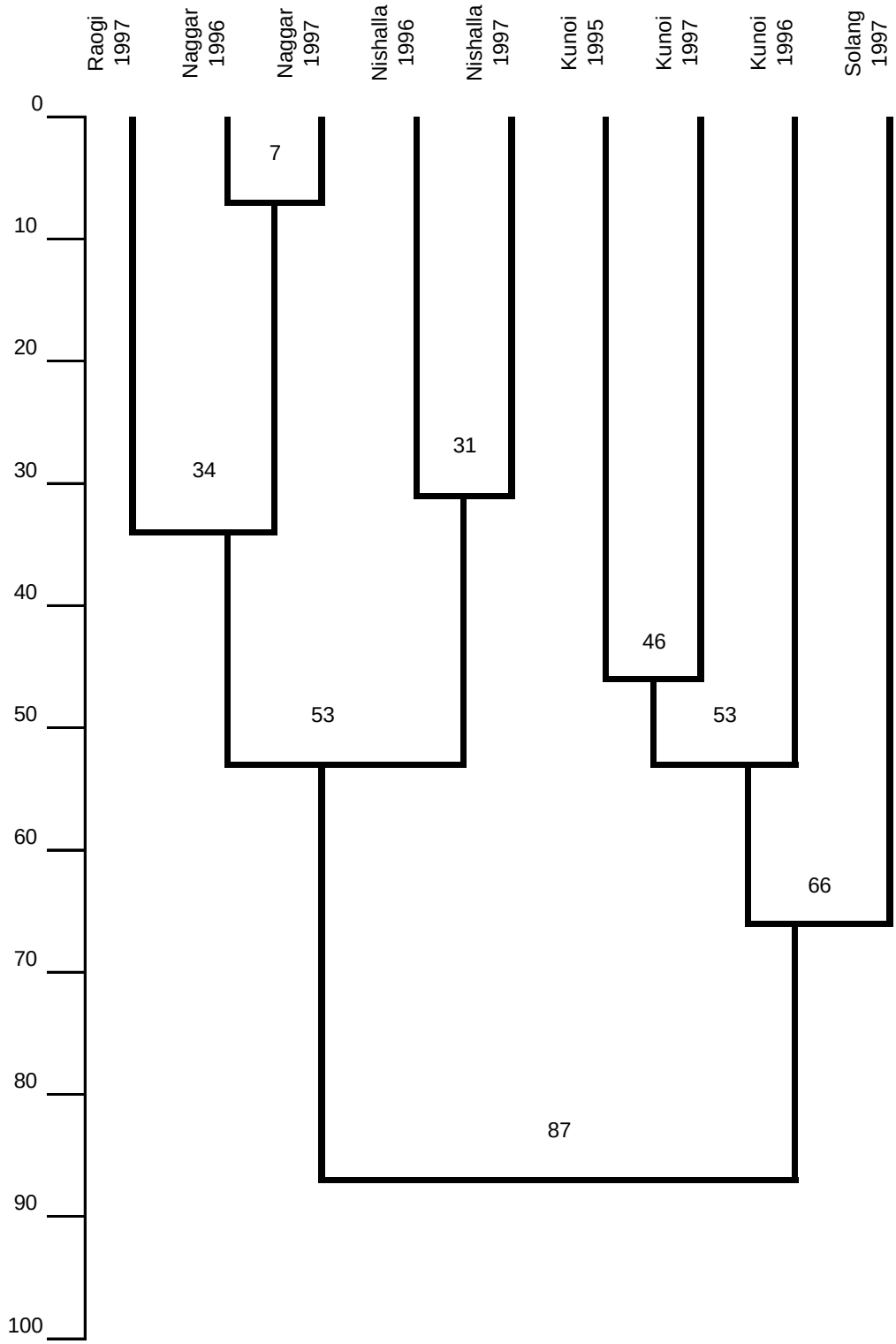

Abb. 8.2: Ähnlichkeiten (nach WAINSTEIN in: MÜHLENBERG, 1989) der Populationsstrukturen der untersuchten Bäche in verschiedenen Jahren. Distanzen [%] (Dendrogramm nach Sinclair 1976.

8.3 Diskussion

Der **Nishallahbach** zeichnet sich durch die höchste Diversität mit einer gleichmäßigen Verteilung der Individuen auf die Arten aus. Die Larven aller neun aus dem Kullutal bekannten Arten der Heptageniidae treten in diesem Gewässer auf und die Dominanzstrukturen der Arten im Jahresverlauf sind ausgewogen.

Dagegen weist der **Kunoibach** zwar eine hohe Diversität auf und die Berechnung der Evenness zeigt eine gleichmäßige Verteilung der Individuenzahl auf acht vorkommenden Arten an, aber die Betrachtung des monatlichen Verlaufs der Dominanzverhältnisse zeigt, dass in den Monaten vor und während des Monsunzeitraumes (April bis August) der Anteil der Larven von *I. martensi* sehr hoch ist. Im Juni liegt der Anteil sogar bei 94%.

Untersuchungen in Fließgewässern im nordöstlichen Himalaya zeigen, dass Störungen des Gewässers durch Abholzung und daraus resultierende Erosionseintrag ins Gewässer im Einzugsgebiet zur Dominanz von ein oder zwei Ephemeropterenarten führen (GUPTA et al., 1992). Auch aus anderen Regionen ist bekannt, dass Veränderungen in der Vegetation im Einzugsgebiet zu Verschiebungen der Dominanzverhältnisse innerhalb der Biozönosen in Fließgewässern führen (STONE et al., 1998; TOWNSEND et al., 1997). In Neuseeland konnten BOULTON et al., (1997) in fünf Fließgewässern zeigen, dass erhöhte Siltgehalte im Gewässer zu erniedrigten Sauerstoffkonzentrationen im hyporheischen Interstitial und zu einer reduzierten Kolonisation durch Benthostiere führen.

Das Einzugsgebiet des Kunoibachs unterliegt starker Erosion. Vor allem im Quellbereich kommt es durch Überweidung durch Ziegen, Schafe und Wasserbüffel zu einem erhöhten Eintrag von Sand und Silt ins Gewässer. Dadurch verwandelt sich die fließende Welle des Kunoibachs in eine trübe Schlammasse während der Regenfälle im Monsun (Abb. 2.2). Die Untersuchungsergebnisse deuten daraufhin, dass durch den erhöhten Eintrag von Sand und Silt die Heptageniidenbiozönose im Monsunzeitraum reduziert ist. Erst nach dem Monsun, wenn der Erosionseintrag in das Gewässer zurückgeht, nimmt der Anteil anderer Arten, wie *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus* und *Rhithrogena tianshanica* wieder zu.

Das Wasser des Nishallahbachs bleibt während der Regenfälle im Monsun klar und es liegen keine anthropogenen Einflüsse oberhalb der Probestelle vor. Dadurch kann sich bei den Heptageniidae eine größere Artenvielfalt in ausgewogenerem Verhältnis im Jahresverlauf entwickeln. Dies bestätigen auch die Untersuchungen von (GUPTA et al., 1992), die an ungestörten Fließgewässern, die keinen menschlichen Veränderungen unterliegen, eine gleichmäßige Verteilung der Ephemeropterenarten zeigen konnten.

Der **Raogibach** ist durch die eine geringe Diversität und durch die deutliche Dominanz von *Epeorus bispinosus*, mit über 70% im Jahresverlauf, charakterisiert. Der hohe Anteil der Larven dieser Art und die im Vergleich zum Nishallahbach reduzierte Biozönose der Heptageniidae sind möglicherweise auf Einträge aus den Reisfeldern im oberen Einzugsgebiet zurückzuführen. Dagegen spielt Eintrag von Sand und Silt durch Erosion im Raogibach keine Rolle, denn auch während starker Regenfälle im Monsun bleibt das Wasser in diesem Bach klar.

Der **Naggarbach** weist von allen Untersuchungsgewässern die geringste Diversität auf. Von den neun Heptageniidenarten, die aus dem Kullutal bekannt sind, kommen nur Larven von vier Arten in diesem Wiesenbach vor. Obwohl Gewässer 1. Ordnung, wie der Naggarbach, in der Regel eine geringe Artenzahl aufweisen, deutet vor allem die

Dominanz von *E. bispinosus* mit Häufigkeiten von über 70% während des ganzen Jahres auf eine Störung im Gewässer hin. Im oberen Einzuggebiet dieses Gewässers liegen Apfelplantagen, die häufig gespritzt werden. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass, vor allem bei Regen, Giftstoffe in den Bach gelangen (Kap. 4.3), die die Biozönose der Heptageniidae reduzieren. Von Fließgewässern ist bekannt, dass die Anwendung von Spritzmitteln im Einzugsgebiet des Gewässers einen Einfluss auf die Artenanzahl der Makrozoobenthosbiozönose ausübt ((BEYERS et al. , 1995)).

Hinsichtlich ihrer Heptageniidenbesiedlung weisen der Naggarbach und der Raogibach die größten Ähnlichkeiten auf (Kap. 8.2). Die auffälligste Übereinstimmung ist das dominante Vorkommen von *E. bispinosus* während des ganzen Jahres. Dies deutet daraufhin, dass die Störungen im Einzugsgebiet der Gewässer die Dominanz dieser robusten Art fördern und andere weniger tolerante Arten nicht vorkommen (Kap. 5.4.3).

Der Solangbach weist eine hohe Diversität mit einer regelmäßigen Verteilung der Individuenzahlen auf die vorkommenden 6 Arten auf und auch die Dominanz-verhältnisse sind ausgewogen. Allerdings liegen nur Untersuchungen von 3 Monaten vor. Die Biozönosen des Solangbachs und des Kunoibachs ähneln sich. In beiden Gewässern treten die für Gletscherabflüsse typischen Gattungen der Heptageniidae auf (BRODSKY 1930, 1980). Die im Vergleich zum Kunoibach niedrigere Artenzahl ist wahrscheinlich auf die höhere Lage und dadurch bedingten niedrigen Temperaturen zurückzuführen. Im Solangbach auf 2700 m ü.N.N. fehlen die Larven der Arten *Afghanurus vicinus* und *Epeorus bispinosus*, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in tieferen Lagen haben (Tab. 7.1). Das Fehlen von *E. bispinosus* in Proben aus dem Solangbach kann jedoch auch an den eingeschränkten Untersuchungsterminen liegen, zumal diese Art auch im Kunoibach während der betreffenden Untersuchungsmonate fehlte oder selten war.

9 Auf Ephemeropteren phoretisch lebende Simuliiden

9.1 Vorbemerkung

Phoretische[7] Assoziationen zwischen Simuliiden und Arthropoden haben sich unabhängig voneinander in zwei geographisch weit entfernten Regionen, im tropischen Afrika und in Zentralasien, entwickelt. Aus Afrika sind Eintagsfliegenlarven aus den Familien Baetidae, Heptageniidae und Oligoneuridae, sowie Flusskrabben aus der Familie Potamidae und Süßwassergarnelen aus der Familie Atyidae als Träger von phoretisch lebenden Simuliiden bekannt (CROSSKEY, 1990). In Asien wurden bisher nur Larven der Heptageniidae als Trägerorganismen gefunden (Abb. 9.1). Es handelt sich um Arten der Gattungen *Rhithrogena*, *Iron* und eine "*Iron*-ähnliche[8]" Gattung (BRODSKY, 1980; LEWIS, 1973; TRAVER, 1939).

Vier phoretisch lebende Simuliidenarten sind aus Pakistan, Indien, Kaschmir und der ehemaligen USSR bekannt. Auf *Rhithrogena* kommen *Simulium ephemerophilum*, *S. jani* und *S. rithrogenophilum* vor und von *Iron* und der "*Iron*-ähnlichen" Gattung werden *S. rashidi* und *S. ephemerophilum* gemeldet. Die asiatischen Gattungen der Heptageniidae sind nah verwandt mit *Afronurus*, der afrikanischen Heptageniiden-gattung, auf der phoretisch lebende Simuliiden vorkommen (BURGER, 1987; CROSSKEY, 1990; LEWIS, 1973).

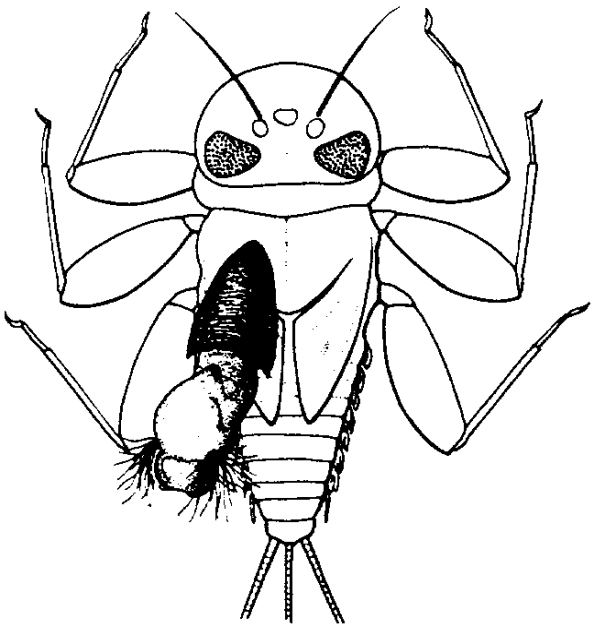

Abb. 9.1 Ephemeropterenlarve mit Simuliidenpuppe (nach CROSSKEY, 1990)

[7] Phoresie ist eine Assoziation, bei der ein Tier ein anderes als Transportvehikel nutzt, um seinen Aktionsradius zu vergrößern, ohne dass eine Beeinträchtigung für das Transporttier entsteht (Herder-Lexikon Biologie, 1992)

[8] Es handelt sich hier vermutlich um *Epeorus bispinosus*, da die Autoren 2 Dornen auf den Abdominaltergiten erwähnen.

Im Gegensatz zur Assoziation zwischen Ephemeroptere und Chironomide wie JACOBSEN (1995) sie beschreibt, bei der Arten der Chironomidengattung *Symbiocladius* auf Ephemeropteren parasitieren (Kap. 12, Abb. 12.8), ist es zweifelhaft, ob die Simuliiden in ihrer Ernährungssituation davon profitieren, dass sie sich auf Ephemeropterenlarven festsetzen**.** Bisherige Untersuchungen zeigten, dass die Ephemeropteren durch die auf ihr lebenden Simuliiden nicht geschädigt werden (DISNEY, 1973; ARVY et al., 1973, 1976; PETERS et al., 1979). Dies bestätigen auch meine Beobachtungen, so dass man bei dieser Assoziation nicht von Parasitismus sprechen kann. Andererseits wurden bisher keine Hinweise auf einen über den Transport hinausgehenden Nutzen, wie beispielsweise Kommensalismus, gefunden (CROSSKEY 1990). Daher wird in Anlehnung an CROSSKEY (1990) im Folgenden die Simuliide als phoretisch lebend und die Ephemeropterenlarve als Träger und nicht als Wirt bezeichnet.

9.2 Phoretisch lebende Simuliiden im Kullutal

Im Kullutal kamen *Simulium rashidi* LEWIS, 1973 und *S. ephemerophilum* RUBTSOV, 1947 auf den Larven der Gattungen *Epeorus* und *Iron* vor.[9] Beide Arten sind bereits aus Pakistan und Tadschikistan gemeldet. Aus Indien waren bisher nur unbestimmte Arten phoretisch lebender Simuliiden bekannt (CROSSKEY, 1990). LEWIS erwähnt 1973 Simuliidenlarven aus dem Kullutal, die er als *Simulium cf. ephemerophilum* bezeichnet. Es lagen ihm aber nur junge Larvenstadien und keine Puppen vor, so dass keine eindeutige Identifikation möglich war.

Möglicherweise kommt eine weitere phoretisch lebende Simuliidenart auf den Larven von *Rhithrogena* vor. Mehrere im Solangbach gesammelte *Rhithrogena*-Larven, die Simuliidenlarven trugen (Kap 12, Abb. 12.7), wurden zur Aufzucht im Naggarbach ausgebracht; dieses wertvolle Material fiel einem Hochwasser zum Opfer und bei den folgenden monatlichen Benthosprobennahmen traten keine mit Simuliiden besetzten *Rhithrogena*-Larven mehr auf.

Im Folgenden werden erste Daten über phoretische Simuliiden im Kullutal vorgestellt. Diese erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder statistische Relevanz, zeigen aber einige interessante Tatsachen.

Phoretisch lebende Simuliiden wurden nur auf Ephemeropterenlarven, die größer als 5 mm waren, untersucht. Ab März bis Dezember 1997 gab es entsprechende Ephemeropterenlarven in den Gewässern; der Anteil der mit Simuliiden besetzten Ephemeropteren schwankte in diesem Zeitraum jedoch stark. Im September 1997 waren im Raogibach in einigen Benthosproben 75 % der *Epeorus bispinosus* mit Simuliiden besetzt und noch im Juni 1997, waren an derselben Probestelle alle Ephemeropterenlarven der gleichen Größenklasse unbesetzt. In der Regel sind die Ephemeropterenlarven mit einer Simuliidenlarve oder - puppe besetzt; selten tragen sie zwei oder gar drei Simuliiden (Kap. 9.3.5).

[9] Nur Altlarven, Puppen und Imagines der Simuliiden können mit Sicherheit auf Artniveau bestimmt werden. Diese bestimmbaren Stadien sind nicht während des ganzen Jahres vorhanden; es ist üblich, aufgrund der bestimmbaren Puppen Rückschlüsse auf jüngere Larven zu ziehen

9.2.1 *Simulium ephemerophilum* RUBTSOV, 1947

Im Kunoibach waren die Larven von *Iron martensi* während der Monsunzeit die dominante Heptageniidenart. Von Mai bis September wurden Simuliidenlarven auf den Larven dieser Eintagsfliegen gefunden, wobei während der Monsunzeit bis 50 % besetzt waren. Im September traten erstmals die bestimmbaren Altlarven und Puppen der Simuliiden auf den Ephemeropterenlarven auf. Es handelte sich um *S. ephemerophilum*, die in keinem anderen Untersuchungsgewässer nachgewiesen werden konnte. Bestätigt wurde die Artbestimmung durch die erfolgreiche Aufzucht von zwei Imagines, so dass von *S. ephemerophilum* nun alle Entwicklungsstadien vorliegen (Kap. 3.3). Einige Larven von *Iron psi* trugen ebenfalls im Juli vereinzelt Simuliidenlarven, die jedoch für eine definitive Artbestimmung zu jung waren (Kap.12.6). Im Oktober kamen keine *I. psi* und nur noch sehr wenige *I. martensi* Larven vor. Sie trugen keine Simuliiden mehr. Es liegt nahe, dass die Simuliiden alle geschlüpft waren.

Im Kunoibach war auffällig, dass die Larven von *I. martensi*, die keine Simuliiden trugen, häufig mit einer parasitischen Chironomide der Gattung *Symbiocladius* besetzt waren. Dieses Phänomen war an keinem der anderen Untersuchungsgewässer so stark ausgeprägt. Einige Ephemeropterenlarven waren mit einer Simuliide und mit *Symbiocladius* besetzt.

9.2.2 *Simulium rashidi* LEWIS, 1973

S. rashidi war in den untersuchten Gewässern häufiger zu finden als *S. ephemerophilum*. Sie kam auf verschiedenen Ephemeropterenarten im Nishallahbach, Naggarbach, Karolbach und Raogibach vor. Im Raogibach waren im September 1997 bis zu 75% der dort dominanten Larven von *Epeorus bispinosus* mit phoretisch lebenden Simuliiden besetzt (Abb. 9.2, Abb. 9.3). Auffällig war, dass *S. rashidi* im Raogibach außer auf *E. bispinosus* auch auf *Iron psi* und *Electrogena eatoni* vorkamen, im Naggarbach hingegen nur auf *E. bispinosus*, obwohl dort auch *El. eatoni* vorkam.

Abb. 9.2: *Epeorus bispinosus* mit einer phoretisch lebenden Simuliidenlarve

Im Nishallahbach saßen Simuliiden auf *E. bispinosus* und auf *I. martensi;* beide Ephemeropterenlarven waren gleich häufig und zum gleichen Prozentsatz besetzt. Im Gegensatz zum Kunoibach, wo *I. martensi* ausschließlich mit *S. ephemerophilum* besetzt war, trug *I. martensi* im Nishallahbach nur *S. rashidi* (Tab. 9.1)

In allen Gewässern fand sich die größte Dichte von *S. rashidi* vor und nach der Monsunzeit, das heißt im Mai und September/Oktober. Die ersten Puppen von *S. rashidi* traten bereits im Mai auf. Die Anzahl der Puppen und verpuppungsreifen Altlarven ist jedoch im Herbst um ein vielfaches höher (Abb. 9.3). Möglicherweise liegen hier zwei Generationen vor.

Abb. 9.3: *Epeorus bispinosus* mit einer phoretischen Puppe von *Simulium rashidi*

Die Imagines von *S. rashidi* sind bisher noch nicht beschrieben worden. Mehrere erfolgreiche Aufzuchten dieser Art konnten durchgeführt werden und es liegen nun männliche und weibliche Imagines und dazugehörige Puppen vor, deren Beschreibung in naher Zukunft erfolgen wird.

Tab. 9.1: Vorkommen der phoretisch lebenden Simuliidae und ihre Träger in den Untersuchungsgewässern.

Fundort	Ephemeropteren	*S. ephemerophilum*	*S. rashidi*	S. spec undet.
Kunoibach	*Iron martensi*	x		
	Iron psi			x
Raogibach	*Epeorus bispinosus*		x	
	Iron psi		x	
	Electrogena eatoni		x	
Nishallahbach	*Epeorus bispinosus*		x	
	Iron martensi		x	
Naggarbach	*Epeorus bispinosus*		x	
Karolbach	*Epeorus bispinosus*		x	
Solangbach	*Rhithrogena tianshanica*			x

9.3 Untersuchungen zur Phoresie von *Simulium rashidi* auf *Epeorus bispinosus*

Im Folgenden werden erste Daten und Untersuchungen zur Ökologie von *S. rashidi* dargelegt. Im Gegensatz zu *S. ephemerophilum* lag von *S. rashidi* eine durchgehend hohe Dichte an Altlarven und Puppen vor, so dass auch auf noch nicht bestimmbare Larven Rückschlüsse gezogen werden konnten.

In vivo Beobachtungen waren in diesem Zusammenhang besonders wichtig, da sich in Alkohol überführte Simuliidenlarven oft von den Ephemeropteren lösten und nur die Puppen haften blieben.

In den untersuchten Gewässern kamen auch nicht phoretisch lebende Simuliidenarten auf Steinen und anderem Substrat vor. *S. rashidi* wurde hingegen nur auf Ephemeropteren und nie auf abiotischem Substrat gesammelt. Daher handelt es sich bei dieser Art offensichtlich um obligate Phoresie. Diese Aussage gilt auch für *S. ephemerophilum*.

9.3.1 Spezifität des Trägers

S. rashidi lebt phoretisch auf den Larven von *Epeorus bispinosus, Iron. martensis* , *I. psi* und *Electrogena eatoni*. Die höchste Dichte von bis zu 75% besetzten Ephemeropterenlarven trat bei *E. bispinosus* auf. Die Larven dieser Art können die Kiemen nicht bewegen und sind deshalb gegenüber Temperaturschwankungen und Sauerstoffabnahme im Aquarium empfindlich. In der Regel starb die Hälfte der *E. bispinosus* Larven nach dem ersten Tag der Haltung in den Aquarien (Kap. 3.2). Von den aufsitzenden Simuliiden überlebte etwa die Hälfte. Diese wanderten im Aquarium umher. Am folgenden Tag saßen sie auf den noch lebenden Larven von *E. bispinosus*, wobei die ungewöhnlichsten Stellen, sogar die Ventralseiten der Ephemeropterenlarven, als Anheftungsplatz genutzt wurden. Um die Trägerspezifität genauer zu untersuchen wurden wiederholt Larven von *Electrogena eatoni* und Ephemerellidae zugesetzt (Kap. 3.2). *S. rashidi* suchte die Larven der anderen Heptageniidenart *Electrogena eatoni* immer erst auf, wenn keine lebenden Larven von *E. bispinosus* mehr zur

Verfügung standen. Die zugesetzten Ephemerellidae-Larven wurden nie als Träger aufgesucht. Diese Beobachtungen sprechen für eine hohe Trägerspezifität.

9.3.2 Aufsuchen des Trägers

Videoaufnahmen von Makrozoobenthos in einer Plastikschale direkt vor Ort in Solang zeigen eine Simuliide, die ihren Träger, eine Larve von *Rhithrogena tianshanica*, verlässt und sich dann auf einen höher gelegenen Stein setzt. Kurz darauf besetzte sie eine sehr kleine Ephemeropterenlarve, die sie aber schon bald wieder verläßt.

Im vorher beschriebenen Versuchen zur Trägerspezifität verlassen die Simuliiden ihren toten Träger und wandern umher. Häufig begaben sie sich dabei auf höher gelegene Sprudelsteine oder Gummischläuche und ließen sich von dort auf andere Ephemeropterenlarven herab. Es kam auch vor, dass der Träger durch ertastende Bewegungen erreicht wird. Videoaufnahmen im Aquarium belegen dies und zeigen darüber hinaus, dass der Bewegungsablauf beim Festsetzen von einer Simuliidenlarve auf eine Ephemeropterenlarve dem Bewegungsablauf beim Festsetzen auf Substrat sehr ähnlich, eventuell identisch ist. (KIEL, mündl. Mitteilung 1998)

9.3.3 Spezifität des Anheftungsplatzes

Die verschiedenen Entwicklungsstadien von *S. rashidi*[10] fanden sich an unterschiedlichen Stellen auf *E. bispinosus* (Abb. 9.4).

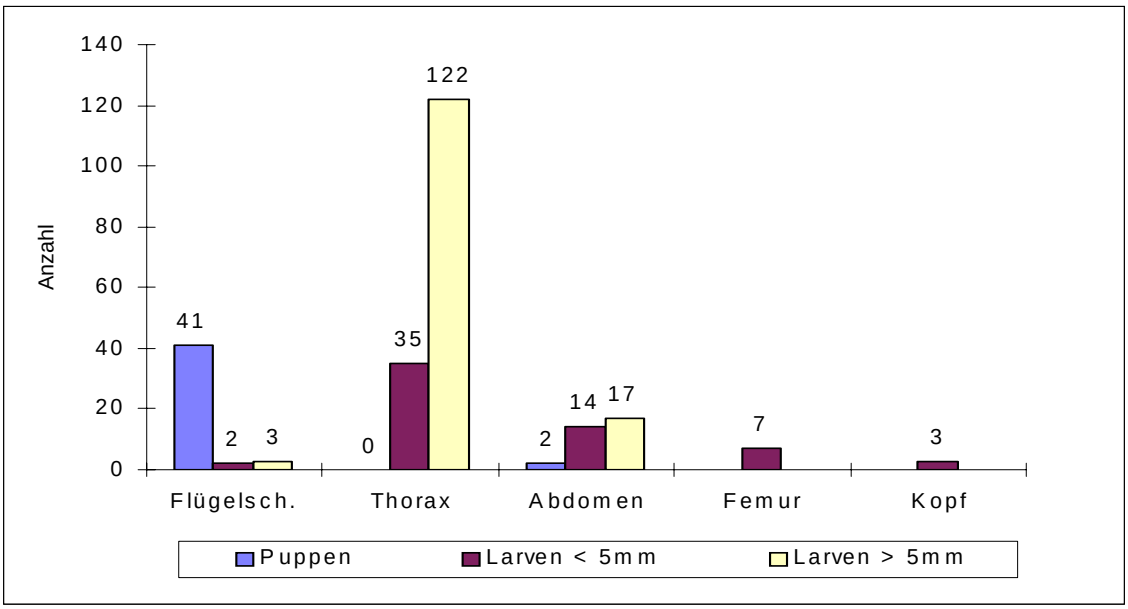

Abb. 9.4 Anheftungsplatz von Larven und Puppen von *Simulium rashidi* auf *Epeorus bispinosus*

[10] Im Raogibach wurde nur *S. rashidi* auf den Ehemeropterenlarven in schwankenden Dichten gefunden, war aber immer präsent. Folglich gehören auch die nicht bestimmbaren Larven zur Art von *S. rashidi*.

Die Puppen hingegen saßen, bis auf zwei Ausnahmen, immer auf den Flügelscheiden. Größere Larven, vor allem die fast verpuppungsreifen Altlarven saßen überwiegend unter den Flügelscheiden, seitlich am Thorax oder zwischen der 1. und 2. Kieme seitlich am Abdomen. Im Aquarium und bei Beobachtungen in Untersuchungsschalen im Gewässer lagen die größeren Simuliidenlarven u-förmig gekrümmt auf der Ephemeropterenlarve auf. Es konnte keine Präferenz für die rechte oder linke Seite festgestellt werden. Bei den kleineren Larven unter 5 mm war die Anheftungsstelle nicht so spezifisch. Sie hielten sich auf dem Thorax und seitlich an den Abdomensegmenten auf. Einige wenige saßen auf dem Kopf der Ephemeroptere oder auf den Extremitäten (Abb. 9.4). Unter dem Binokular konnten wiederholt sehr kleine Simuliidenlarven beobachtet werden, die makroskopisch nicht erkennbar waren. Sie befanden sich in der Kopfregion oder zwischen den Kiemen. Diese mikroskopisch kleinen Larven sind im nachfolgenden Schaubild nicht berücksichtigt.

9.3.4 Morphologische Modifikationen und phänologische Besonderheiten

Bei *S. rashidi* ist der abdominale Hakenkranz der Simuliiden nach ventral verlagert. Diese Modifikation ist typisch für phoretisch lebende Simuliiden (Abb. 9.5).

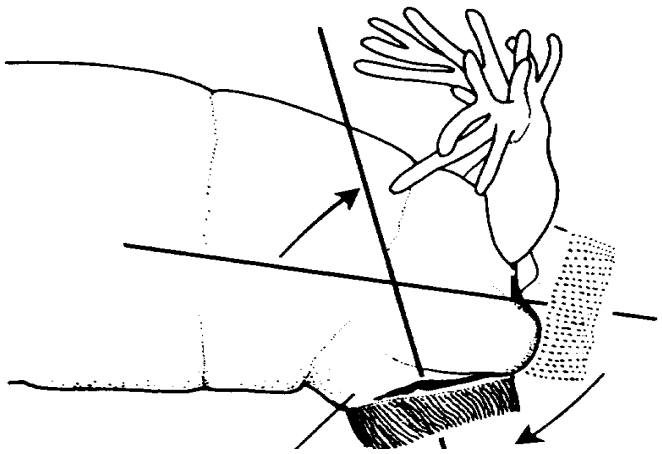

Abb. 9.5: Ventral verlagerter Hakenkranz von phoretisch lebenden Simuliiden (nach CROSSKEY, 1990)

Die Puppen der phoretisch lebenden Arten bauen einen sehr kleinen, locker gewirkten Kokon, der ihr Abdomen nur unvollständig umhüllt.

In der Regel schlüpfte *S. rashidi* einige Tage vor der Ephemeropterenlarve, aber es kam auch vor, dass die Ephemeroptere sich noch am selben Tag zur Subimago häutete. Nur ein einziges Mal fand ich auf der Exuvie der geschlüpften Ephemeroptere eine Simuliidenpuppe, die nicht vor der Ephemeroptere schlüpfen konnte.

9.3.5 Einfluss auf die Entwicklung der Ephemeropterenlarve

Schlupfreife Ephemeropterenlarven, die Simuliiden trugen**,** waren nie kleiner als schlupfreife Ephemeropterenlarven ohne Simuliidenlarven oder -puppen. Manchmal waren sie sogar überdurchschnittlich groß. Offensichtlich behindert die Simuliide ihren Träger in seiner Entwicklung nicht. Manche Ephemeropterenlarven trugen sogar mehr als eine Simuliidenlarve oder -puppe. In einem Fall fand ich eine Larve von *Epeorus bispinosus*, die auf einer Flügelscheide eine Simuliidenpuppe, sowie auf Thorax und Abdomen je eine Simuliidenlarve trug.

Im Gegensatz dazu fand ich oft schlupfreife Ephemeropteren, die mit der parasitischen Chironomide *Symbiocladius* besetzt waren (Kap. 12, Abb. 12.8)**;** diese waren immer auffällig klein. Selten traten Ephemeropterenlarven auf, auf denen neben einer phoretischen Simuliidenlarve auch parasitische Chironomidenlarven oder -puppen saßen.

9.4 Diskussion

Der hohe Anteil von Ephemeropterenlarven mit phoretisch lebenden Simuliiden spricht dafür, dass die Simuliidenlarven die Ephemeropterenlarven gezielt aufsuchen.

Wie schon CROSSKEY (1990) annimmt, handelt es sich um eine obligate Phoresie, da die Simuliidenarten, die phoretisch leben, nicht in der freien Wassersäule und die auf abiotischem Substrat lebenden Arten nicht auf Ephemeropterenlarven vorkommen.

Auffällig war, dass die auf Ephemeropteren lebenden Simuliiden ”fleckenweise” gehäuft am selben Tag, an derselben Untersuchungsstelle auftraten. So waren beispielsweise in den Teilproben im September 1997 am Raogibach entweder 60% oder keine einzige der Ephemeropterenlarven mit Simuliidenlarven oder -puppen besetzt. Die Sammlungen erfolgten am gleichen Substrat. Eine mögliche Erklärung für dieses fleckenweise Auftreten liegt in der von DISNEY (1971a,b,c, 1973) mitgeteilten Beobachtung, dass bereits die Erstlarven durch Drift zu ihrem Träger gelangen. Von Erstlarven ist bekannt, dass sie mit Hilfe von ausgestoßenen ”Sekretwolken” verdriften. Dort, wo diese hängen bleiben, treten die Simuliiden dann gehäuft auf (KIEL, mündliche Mitteilung 1998).

Von ***Simulium rashidi*** treten im Mai und im Oktober verpuppungsreife Altlarven und Puppen auf fast schlupfreifen Larven von *Epeorus bispinosus* auf. Während des Monsuns im Juli/August kommen von *E. bispinosus* fast ausschließlich Junglarven kleiner 5 mm vor. Möglicherweise haben die phoretisch lebenden Simuliiden ihren Entwicklungszyklus an den ihres Trägers angepasst und *S. rashidi* durchläuft zwei Generationen pro Jahr. Die erste Generation dieser Art schlüpft im Mai und die zweite im Herbst.

Simulium ephemerophilum dagegen bildet vermutlich nur eine Generation pro Jahr aus, da nur Ende September und Anfang Oktober Puppen im Kunoibach auftraten, und die Simuliidenlarven von Mai bis September auf den Ephemeropterenlarven durchgehend zahlreich vorhanden sind.

S. rashidi hat offenbar im Gegensatz zu *S. ephemerophilum* eine breitere ökologische Potenz. Sie kam in allen untersuchten Gewässern, mit Ausnahme des Solang- und

Kunoibachs, und auf fünf Ephemeropterenarten vor; dabei ist *Epeorus bispinosus* der mit Abstand häufigste Träger. Die Versuche im Aquarium belegen, dass *S. rashidi* gezielt diese Heptageniidenart als Träger aufsuchte und anderen Heptageniidenarten vorzog. Dies spricht für eine Präferenz von *S. rashidi* für *E. bispinosus*. Es ist möglich, dass auch *S. ephemerophilum* eine solche Trägerpräferenz für *I. martensi* aufweist. Darüber können jedoch nur weitere Untersuchungen Aufschluss geben.

Der Tastsinn ist bei den Simuliiden sicherlich sehr ausgeprägt. Es ist unwahrscheinlich, dass allein chemische oder visuelle Reize die Larve befähigen ihren Anheftungsplatz auf der Ephemeroptere so spezifisch zu wechseln. Wie die Untersuchungen zeigten, befinden sich junge Larven offenbar auf allen Körperteilen ihres Trägers, und nähern sich mit zunehmender Reife der Thoraxnaht. Ein Vorteil dieser Position könnte darin bestehen, dass die aufsitzenden Larven sich bei der Häutung des Trägers sofort auf die frische Larvenhaut setzen können. Für dieses Umsetzen ist es hilfreich, dass die Simuliide nicht nur die neue Larvenhaut eindeutig identifiziert, sondern bereits vorher erkennt, dass sich die Ephemeroptere häuten wird. Eventuell besitzt die Simuliide, wie CROSSKEY (1990) schon vermutet, die Fähigkeit, hormonelle Veränderungen im Träger festzustellen, und kann Vorsorge zum Umsiedeln auf die neue Larvenhaut der Ephemeroptere treffen.

Möglicherweise bietet der Sitz auf dem Thorax der Ephemeropterenlarve darüber hinaus die besten Strömungsverhältnisse für die Simuliidenlarven (KIEL, mündl. Mitteilung 1999).

Die Puppen der phoretisch lebenden Arten bauen einen Kokon, der ihr Abdomen nur unvollständig umhüllt. Möglicherweise wird die Simuliide auf der Ephemeroptere häufig, beispielsweise durch eine Häutung des Trägers, gestört. Die Simuliiden müssen mit Verpuppung und Schlüpfen zum Imago fertig sein, bevor die Subimago der Ephemeropteren schlüpft. Da die Puppe der Simuliiden unbeweglich ist, muss sie sich zwischen zwei Häutungen der Ephemeropteren zum Imago entwickeln. In diesem Zusammenhang spielt die o.g. Sensitivität für den Reifegrad des Trägers wahrscheinlich eine große Rolle.

Noch ungeklärt ist auch, wie die Simuliide das Problem der Anheftung auf der Ephemeroptere gelöst hat. Vermutlich besteht die Notwendigkeit, relativ häufig neue Haftplätze aufzusuchen, weil das Sekret, das die Larven zur Anheftung benutzen, ”altert” (KIEL, mündl. Mitteilung, 1998). Auch auf abiotischem Substrat lebende Simuliiden müssen ihren Haftplatz viele Male am Tag wechseln, weil das Sekret nach einiger Zeit nicht mehr gut haftet. Für die phoretisch lebenden Simuliiden ist die Gefahr des Verdriftens beim Wechseln des Haftplatzes auf der kleinen Oberfläche der Ephemeroptere sehr groß. Zudem wäre die Ephemeroptere bald mit Sekret zugeklebt. Die Anheftungssubstanz der phoretischen Simuliiden muss außerdem auf dem Chitin der Träger halten, darf aber ihre eigenen chitinhaltigen Körperteile am Kopf nicht verkleben. Deswegen muss das Sekret besondere biochemische Eigenschaften aufweisen (KIEL, mündl. Mitteilung, 1998).

Nach vorliegenden Untersuchungen kann angenommen werden, dass die Simuliide ihren Träger in seiner Entwicklung nicht behindert. Die Größe der schlupfreifen Ephemeropteren, die phoretisch lebende Simuliiden trugen, entsprach der Größe der schlupfreifen Ephemeropterenlarven, die keine trugen. Dies steht im Gegensatz zur Chironomide der Gattung *Symbiocladius* auf der Ephemeropterengattung *Rhithrogena*, von der bekannt ist, dass sie die Entwicklung ihres Wirtes behindert. Die Larven dieses

Ektoparasiten sitzen unter den Flügelscheiden ihres Wirtes und saugen dessen Hämolymphe. Dadurch wird die Entwicklung der älteren Wirtslarven zur Geschlechtsreife gestört, während jüngere befallene Ephemeropterenlarven sterben (SOLDAN, 1979).

Die Assoziation zwischen Ephemeropteren und Simuliiden bedeutet hingegen keinen erkennbaren Nachteil für die Ephemeroptere und diese scheint für die Simuliide ein sichererer Aufenthaltsort zu sein als das instabile Substrat.

Freilebende Simuliidenlarven treten vermehrt ab Dezember und Januar auf. Zu dieser Zeit findet in den Gewässern kaum Geschiebetrieb statt. Hinzu kommt, dass der Laubfall im Kullutal erst im Dezember stattfindet. Durch den Eintrag und Abbau der gefallenen Blätter gelangt mehr Detritus als Nahrung für die Simuliiden ins Gewässer. Ab Mitte Mai, bevor die Monsunregen einsetzen, kommen kaum noch frei lebende, aber viele phoretisch lebende Simuliidenlarven vor. Möglicherweise wirkt der Monsun auch auf die Entwicklung der Simuliiden als Zeit gebender Faktor (Kap. 6.4, Kap. 7.2)

Bis jetzt konnte noch keine umfassende Erklärung für ”Sinn und Zweck” der Assoziation zwischen Simuliide und Ephemeropteren gegeben werden, obwohl einige Vermutungen über die biologische Bedeutung geäußert worden sind.

CROSSKEY (1990) nimmt an, dass die obligate Phoresie bei Simuliiden eine biogeologisch junge Erscheinung ist, da das Phänomen von den primitiveren Kriebelmücken, den Prosimuliini, nicht bekannt ist. Zudem geht er davon aus, dass sich die Phoresie der Simuliiden in Afrika und Asien völlig unabhängig voneinander entwickelt hat.

Sowohl im tropischen Afrika, als auch im temperierten Zentralasien ist das Umfeld, in dem diese Phoresie vorkommt, sehr kontrastreich. Es scheint, dass weder die Höhenverteilung noch die Temperatur für das Auftreten von Phoresie eine Rolle spielen. In beiden Regionen ist jedoch das Substrat im Bachbett relativ instabil. Die Gebirgsbäche in Zentralasien sind durch große Umlagerungen von Kies, Steinen bis hin zu Felsblöcken und die Bäche in Ostafrika sind durch viele Störungen im Bachbett, durch starke Regenfälle und Springfluten gekennzeichnet (CROSSKEY, 1990).

Möglicherweise bieten die Ephemeropteren während des Geschiebetriebs in der Monsunzeit wirklich einen sicheren Aufenthaltsort, d.h. stabileres Substrat. Vor allem die Puppen auf den Ephemeropteren wären so vor den sich bewegenden Steinen geschützt. Allerdings ist es schwer vorstellbar, dass eine Ephemeropterenlarve mit einer Simuliide auf dem Thorax sich ins Interstitial zurückziehen kann, denn auch sie ist während des Monsuns den Gefahren des Geschiebetriebs ausgesetzt.

Vielleicht spielt aber auch nicht die Fortbewegung durch ein Trägertier eine Rolle, wie es der Begriff Phoresie nahe legt, sondern die Assoziation bietet der Simuliide einen Schutz vor zu starkem Verdriften.

In jedem Fall ist genauer zu prüfen, inwieweit nicht doch ein Nahrungsvorteil für die Simuliide entsteht. Heptageniidenlarven ernähren sich von Aufwuchs, den sie von Steinen schaben. Dabei können Partikel abdriften von denen die Simuliide als Filtrierer profitieren kann.

CROSSKEY (1990) nimmt an, dass die Ephemeroptere die Simuliide in günstigere Strömungen für die Filtration bringt. Dagegen spricht jedoch, dass die Larven der Heptageniiden mit ihrer abgeplatteten Körperform an die strömungsarme Grenzschicht

auf den Steinen angepasst sind und eine sich zur Filtration aufrichtende Larve stören würde.

Schutz vor Geschiebetrieb und vor Verdriften, sowie Nahrungsvorteile könnten mögliche Ursachen für die Entwicklung der phoretischen Assoziation von Simuliide und Ephemeroptere sein. Dennoch liefern die bisherigen Befunde keine hinreichenden Argumente, besonders auch im Hinblick darauf, dass sich dieses Zusammenleben nur in Asien und Afrika entwickelt hat und nicht auch in anderen Regionen, wo die o.g. Faktoren die gleiche Rolle spielen.

10 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden Bestand und Ökologie der Heptageniidae (Ephemeroptera) in Fließgewässern des Kullutals im Nordwesten Indiens erstmals vorgestellt.

Das Untersuchungsgebiet am Rande des Himalaya liegt zwischen 31°27‘ und 31°26‘ nördlicher Breite und 76°56‘ und 77°52‘ östlicher Länge auf etwa 2000 m ü.N.N.. Die klimatischen Randbedingungen dieser sich nördlich an die Subtropen anschließenden Gebirgsregionen unterscheiden sich von denen der gemäßigten Breiten. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 15°C mit einem durchschnittlichen Maximum von 25°C und einem durchschnittlichen Minimum von 4°C. Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 1230 mm. In der Regel fallen 70% des jährlichen Niederschlags zwischen Juni und September während des Monsuns. In dieser Zeit können die Abflüsse der Gewässer wiederholt innerhalb kurzer Zeit um ein Vielfaches zunehmen.

Aus der untersuchten Region lagen bisher nur faunistische Einzelfunde von Ephemeropteren vor. Alle im Kullutal gefundenen Heptageniiden (*Afghanurus vicinus, Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus, Iron martensi, I. psi, I. nigripilosus*, *I. sinespinosus* und *Rhithrogena tianshanica*) sind schon aus anderen Regionen beschrieben worden, doch für keine dieser Arten war die Zuordnung der Larven zu ihren Imagines durch Aufzucht abgesichert. Diesem Defizit konnte im Rahmen dieser Arbeit durch gezielte Aufzuchten der vorgefundenen Arten abgeholfen werden. Die Ergebnisse der taxonomischen Untersuchungen sollen an anderem Ort publiziert werden.

Im Zeitraum von 1995 - 1997 wurden mehrere Gewässer im Kullutal untersucht. Dabei lag 1995 der Schwerpunkt zunächst auf dem Kunoibach mit Probestellen auf 1950 m ü.N.N. und 2100 m ü.N.N.. In den folgenden Jahren wurden die Routine-benthosuntersuchungen auf zwei weitere Gewässer 2. Ordnung, den Nishallahbach (1800 m ü.N.N.) und den Raogibach (1600 m ü.N.N.), sowie ein Wiesenbach 1. Ordnung, den Naggarbach auf 1900 m ü.N.N., ausgeweitet. Zusätzlich wurde ein Gletscherabfluss 3. Ordnung, der Solangbach auf 2700 m ü.N.N., vor und nach der Monsunzeit untersucht.

Die Wassertemperaturen schwankten in den untersuchten Bächen zwischen 3,5°C - 4°C im Winter und 18°C - 22°C im Sommer. Nur im Solangbach, dem Gletscherabfluss, lagen die Temperaturen auch im Sommer nicht über 10°C. Der Kunoibach wies mit durchschnittlich 39 µS/cm die niedrigste, der Naggarbach mit 200 µS/cm die höchste Leitfähigkeit auf.

A. vicinus, E. bispinosus, I. psi und *I. nigripilosus* hatten ihren Verbreitungsschwer-punkt in Gewässern unterhalb von 2000 m ü.N.N.. *El. eatoni, I. martensi* und *I. sinespinosus* waren in Gewässern über 2000 m ü.N.N. häufiger.

Von den neun aus dem Kullutal bekannten Heptageniidenarten kamen *El. eatoni, I. psi* und *I. nigripilosus* in allen fünf Untersuchungsgewässern vor. Larven von *I. martensi* und *Rh. tianshanica* waren in allen Bächen, mit Ausnahme des Wiesenbaches 1. Ordnung (Naggarbach), vertreten. Die Larven von *E. bispinosus* fehlten nur in dem Gletscherabfluss (Solangbach). *I. sinespinosus* kam in den drei Untersuchungs-gewässern Kunoibach, Nishallahbach und Solangbach vor, während eine zweite Art der Gattung *Rhithrogena, Rh. sp. 1*, nur im Kunoibach und im Nishallahbach gefunden

wurde. Das Vorkommen von *A. vicinus* war auf den Nishallahbach und Raogibach beschränkt.

An zwei der untersuchten Gewässer (Naggar- und Nishallahbach) wurden Emergenzhäuser errichtet. Von Juli 1996 bis Dezember 1997 wurden am Naggarbach täglich und am Nishallahbach in einem wöchentlichen Zeitraum die Imagines gesammelt. Die Schlupfrate von *E. bispinosus* und der gesamten Ephemeropterenbiozönose war im Naggarbach im Zeitraum vor dem Monsun am höchsten, nahm während der Monsunzeit stark ab und stieg danach wieder an ($p < 0,001$). Auch die Schlupfrate von *El. eatoni* nahm während der Monsunzeit ab ($p < 0,05$), aber stieg danach nicht wieder an. Zudem schlüpfte *El. eatoni* im Naggarbach im Juli und August signifikant häufiger ($p< 0,001$) als *E. bispinosus*.

In den gemäßigten Breiten hat die Wasser- und Lufttemperatur eine auslösende Wirkung auf das Schlüpfen der (Sub)Imagines. Dieser Befund konnte für das Kullutal nicht bestätigt werden. Keiner der täglich erfassten Parameter Lufttemperatur, Regen, Mondphasen wies signifikante Korrelationen mit den Emergenzdaten der Ephemeroptera auf und mit der Wassertemperatur lassen sich nur 20% der Gesamtemergenz ($p< 0,01$) und 19% der Emergenz von *E. bispinosus* ($p< 0,05$) erklären. Abgesehen vom Winter, wenn die Emergenz - wie in gemäßigten Breiten - aufgrund niedrigerer Temperaturen ganz zum Erliegen kam, bestimmten nur der Monsun und die damit verbundenen hohen Abflussschwankungen Entwicklung und Emergenz der Ephemeropteren im Kullutal. Die Hochwässer der ”fünften Jahreszeit” brachten einen Rhythmus in die - zum Teil asynchronen - Entwicklungszyklen der Heptageniidae.

Die Überprüfung der Frage, ob die Lebenszyklen der Heptageniidae im Kullutal univoltin mit einer synchronen, kurzen Emergenzphase sind, wie dies für den überwiegenden Anteil der Heptageniidae in der Holarktis bekannt ist, ergab, dass dies nicht für alle Arten der Heptageniidae im Kullutal der Fall war. Die Ergebnisse der Emergenzdaten zeigten, zusammen mit den Ergebnissen der Benthosuntersuchungen, dass die Heptageniiden im Kullutal unterschiedliche art- und vorkommensspezifische Lebenszyklen aufwiesen.

Abhängig von der Höhe wiesen die Daten von *El. eatoni* auf eine asynchrone Entwicklung hin, oder die Entwicklung erfolgte nach dem Monsun. Dagegen deuteten die Daten von *E. bispinosus* und *I. martensi* auf Bivoltinismus hin, mit einer Generation vor und nach dem Monsun. Die anderen *Iron*-Arten *I. psi* und *I. nigripilosus* schlüpften nicht synchron und wiesen einen univoltinen bis bivoltinen Lebenszyklus auf, während *I. sinespinosus* einen univoltinen Winterzyklus zeigte. Beide *Rhithrogena*-Arten *Rh. tianshanica* und *Rh. sp 1* entwickelten nur eine Generation im Winter und auch *A. vicinus* wies einen univoltinen Winterzyklus auf. Das Vorkommen univoltiner und asynchroner Entwicklungszyklen deutet daraufhin, dass sich in den untersuchten Hochgebirgsregionen, die sich direkt nördlich an die Subtropen anschliessen, die Areale der kaltstenothermen, rheobionten Arten der gemäßigten Breiten mit Arten der subtropischen Zonen überlappen.

Die Heptageniidenbesiedlung der einzelnen Gewässer zeigte, dass der Nishallahbach die höchste Diversität mit einer gleichmäßigen Verteilung der Individuen auf die Arten aufwies. Die Larven aller neun aus dem Kullutal bekannten Heptageniidenarten traten in ausgewogenen Dominanzstrukturen auf. Dagegen wies der Kunoibach eine hohe Diversität und Evenness auf, aber die Betrachtung der Dominanzverhältnisse zeigte, dass während und vor dem Monsun die Larven von *I. martensi* dominant waren. Dies ist wahrscheinlich auf eine durch Erosion im oberen Einzugsgebiet erhöhte Schlammfracht

zurückzuführen, auf die *I. martensi* weniger empfindlich reagierte als andere Arten. Der Naggar- und der Raogibach zeichneten sich dagegen durch geringe Diversität und durch die deutliche Dominanz von *E. bispinosus* aus.

Der Naggar- und Raogibach wiesen auch die größten Ähnlichkeiten hinsichtlich der Heptageniidenbesiedlung auf. Diesen beiden Gewässern stand die Biozönose des Nishallahbachs nahe. Davon hoben sich deutlich der Gletscherabfluss Solangbach und der ihm nahestehende Kunoibach ab.

Im Kullutal kamen zwei Simuliidenarten vor, die phoretisch auf Heptageniiden lebten. *Simulium ephemerophilum* war nur auf *I. martensi* und nur im Kunoibach zu finden. Die zweite Art *Simulium rashidi* war häufiger und trat im Nishallahbach, Naggarbach und Raogibach auf. Dort lebte sie auf *E. bispinosus*, *El. eatoni*, *I. martensi und I. psi*. *E. bispinosus* war der mit Abstand häufigste Träger. Aquarienversuche belegten, dass die Simuliidenlarven gezielt ihren Träger aufsuchten. Bisher gibt es noch keine umfassende Erklärung für diese Assoziation von Simuliide und Ephemeroptere, die nur noch aus Afrika bekannt ist. Die vorliegende Arbeit gibt erste Hinweise auf Trägerspezifität und Entwicklungszyklen der phoretischen Simuliiden.

11. Literaturverzeichnis

ALBA-TERCEDOR, J. (1990): Life cycle and ecology of mayflies from Sierra Nevada (Spain), IV. - Limnética 6: 23-24.

ALI, S.R. (1967): The mayfly nymphs (Order: Ephemeroptera) of Rawalpindi district. - Pak. J. Sc. 19: 73-86.

ALI, S.R. (1970): Certain mayflies (Order: Ephemeroptera) of West Pakistan. - Pak. J. Sc. 22: 119-124.

ALI, S.R. (1971): Certain mayfly nymphs (Order: Ephemeroptera) of Azad Kashmir and Swat. - Pak. J. Sc. 23: 209-214.

AO, M.; ALFRED, J.R.B. & GUPTA, A. (1984): Studies on some lothic systems in north-eastern hill regions of India. - Limnologica 15:135-141.

ARVY, L. & PETERS W.L. (1973): Phorésies, biocenoses et thanatocoenoses chez les Éphéméroptères. - Proc. 1st Intern. Congr. Ephemeroptera, Tallahassee, 1970.

ARVY, L. & PETERS W.L. (1976): Liste des Éphéméroptères-hôtes de parasites de commensaux et autres associés. - Annls. Parasit. 51: 121-141.

BEYERS, D.W., FARMER, M. & SIKOSKI, P. (1995): Effects of rangeland aerial application of Sevin-4-Oil on fish and aquatic invertebrate drift in the Little Missouri River, North Dakota. - Arch. Env. Cont. Tox. 28: 27-34.

BHATT, S.D., BISHT, Y. & NEGI, U. (1984): Ecology of the Limnofauna in the River Kosi of the Kumain Himalaya (Uttar Pradesh). - Proc. Ind. Nat. Sci. Acad. 50: 395-405.

BISHOP, J.E. (1973): Limnology of a small Malayan river, Sungai Gombak. – Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

BÖTTGER, K. (1975): Produktionsbiologische Studien an dem zentralafrikanischen Bergbach Kalengo. - Arch. Hydrobiol. 75: 1-31.

BOULTON, A.J., SCARSBROOK, M.R., QUINN, J.M. & BURELL, G.P. (1997): Land-use effects on the hyporheic ecology of five small streams near Hamilton, New Zealand. - N. Zeal. Journ. Mar. Freshw. Res. 31: 609-622.

BRAASCH, D. (1978): *Iron sinespinosus n. sp.* (Heptageniidae, Ephemeroptera) aus Mittelasien - Ent. Nachr. 22: 14-16.

BRAASCH, D. (1979): Beitrag zur Kenntnis der Gattung *Iron* EATON im Kaukasus (UDSSR) (III), (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 17: 283-293.

BRAASCH, D. (1980a): Eintagsfliegen (Gattungen *Epeorus* und *Iron*) aus Nepal (Ephemeroptera, Heptagniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 18: 55-65.

BRAASCH, D. (1980b): Eintagsfliegen gesammelt von R. Jung und A. Müller in Mittelasien (UDSSR) (Ephemeroptera). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 18: 103-107.

BRAASCH, D. (1980c): Eine neue *Cinygmula*-Art aus der Mongolei (Ephemeroptera, Heptagniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 18: 161-163.

BRAASCH, D. (1980d): *Ecdyonurus cristatus n.sp.* aus Nepal (Ephemeroptera, Heptagniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 18: 227-232.

BRAASCH, D. (1981a): Eintagsfliegen (Gattung *Epeorus* und *Iron*) aus Nepal (II) (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 19: 105-110.

BRAASCH, D. (1981b): *Epeorus gilliesi n.sp.* aus Indien (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 19: 117-118.

BRAASCH, D. (1981c): Beitrag zur Kenntnis der Heptageniidae des Himalaya (Ephemeroptera). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 19: 127-132.

BRAASCH, D. (1984a): Beitrag zur Kenntnis der Heptageniidae des Himalaya (II) (Ephemeroptera). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 22:45-50.

BRAASCH, D. (1984b): Beitrag zur Kenntnis der Heptageniidae des Himalaya (III) (Ephemeroptera). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 22: 65-74.

BRAASCH, D. (1986a): Zur Kenntnis der Gattung *Notacanthurus* TSHERNOVA, 1974 aus dem Himalaya (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 23: 117-125.

BRAASCH, D. (1986b): Zum Status der Gattung *Heptagenia* WALSH, 1863 in Indien (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Reichenbachia Mus. Tierkd. Dresden 23: 131-134.

BRAASCH, D. & SOLDAN, T. (1979): Neue Heptageniidae aus Asien (Ephemeroptera). - Reichenbachia Mus. Tierk. Dresden 17: 261-272.

BRAASCH, D. & SOLDAN, T. (1980): Neue Heptageniidae (Insecta, Ephemeroptera) aus Asien II. - Ent. Nachr. 24: 90-93.

BRAASCH, D. & SOLDAN, T. (1982): Neue Heptageniidae (Ephemeroptera) aus Asien III. - Ent. Nachr. 26: 25-28.

BRAASCH, D. & SOLDAN,T. (1987): Neue Heptageniidae von Indien (Insecta, Ephemeroptera). - Reichenbachia Mus. Tierk. Dresden 24: 131-134.

BREWIN, P.A., NEWMAN T.M.L. & ORMEROD, S.J. (1995): Patterns of macroinvertebrate distribution in relation to altitude, habitat structure and land use in streams of the Nepalese Himalaya. - Arch. Hydrobiol. 135: 79-100.

BRIGHT, G.R. (1982): Secondary benthic production in a tropical island stream. Limnology 27: 472-480.

BRODSKY, K.A. (1930): Zur Kenntnis der mittel-asiatischen Ephemeropteren. I. Imagines. - Zool. Jahrb. Syst. 59: 681-720.

BRODSKY, K.A. (1973): The Swarming Behaviour of Mayflies (Ephemeroptera). – Ent. Review 52: 33.

BRODSKY, K.A. (1980): Mountain Torrent of Tien Shan: A faunistic-ecology Essay. - Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

BURGER, J.F. (1987): The ecology of lake outlet black flies. In: K. C. Kim & R.W. Merritt (eds.), Blackflies: Ecology, population and annotated world list. - Pennsylvania State University, University Park & London.

CHOWDHARY, S. K. (1984): Studies on bioecology of aquatic insects of Sind and Lidder streams of Kashmir, India. - Ind. J. Ecol. 11: 160-165.

CLIFFORD, H.G. (1982): Life cycles of mayflies (Ephemeroptera) with special reference to voltinism. - Quest. Entom. 18: 15-90.

CORBET, P. (1958): Lunar periodicity of aquatic insects in Lake Victoria. - Nature 182: 330-331.

CORBET, S.A., SELLICK, R.D. & WILLOUGHBY, N.G. (1974): Notes on the biology of the mayfly *Povilla adusta* in West Africa. - J. Zool. Lond. 172: 491-502.

CROSSKEY, R.W. (1990): The natural history of blackflies. - John Wiley & Sons, London.

CURTIS, (1834): Descriptions of some nondescript British species of mayflies of anglers. - London Edinb. Phil. Mag. 3: 120-125.

DEMOULIN, G. (1954): Recherches critiques sur les Ephemeropteres Tricorythidae d'Afrique et d'Asie. - Bull. Ann. Soc. Roy. Ent. Belg. 90: 264-277.

DEMOULIN, G. (1964): Mission H.G. Amsel en Afghanistan (1956) (Ephemeroptera). - Bull. Ann. Soc. Roy. Ent. Belg. 100: 351-363.

DIN 38410 (1989): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M), Teil 2; Verfahren zur Bestimmung des Saprobienindex (M2).

DISNEY, R.H.L. (1971a): Association between blackflies (Simuliidae) and prawns (Atyidae), with a discussion of the phoretic habit in simuliids. - J. Anim. Ecol. 40: 83-93.

DISNEY, R.H.L. (1971b): *Simulium berneri* FREEMAN (Diptera: Simuliidae) and mayfly host (Ephemeroptera: Oligoneuriidae) in Cameroon. - J. Entomol. 46: 39-51.

DISNEY, R.H.L. (1971c): Two phoretic black-flies (Diptera: Simuliidae) and their associated mayfly host (Ephemeroptera: Heptageniidae) in Cameroon. - J. Entomol. 46: 53-61.

DISNEY, R.H.L. (1973): Further observations on some blackflies (Diptera: Simuliidae) associated with mayflies (Ephemeroptera: Baetidae and Heptageniidae) in Cameroon. J. Entomol. (A), 47: 169-180.

DOLE-OLIVIER, M.-J., MARMONIER, P. & BEFFY J.L. (1997): Response of invertebrates to lotic disturbance. - Freshw. Biol. 37: 257-276.

DUBEY, O.P. (1970a): Torrenticole insects of the Himalaya III. Descriptions of two new species of Ephemerida from the Northwest Himalaya. - Oriental Ins. 4: 299-302.

DUBEY, O.P. (1970b): Description of a new Ephemerid from India. - Agra Univ. J. Res. Sci., 19: 67-68.

DUBEY, O.P. (1971): Torrenticole insects of the Himalaya. VI. Descriptions of 9 species of Ephemerida from N.W. Himalaya. - Oriental Ins. 5: 521-548.

DUBEY, O.P. & KAUL, B. K. (1971): Torrenticole insects of the Himalaya IV. Some observations on the ecology and the character-insect communities of the River Alhni. - Oriental Ins. 5: 47-71.

DUDGEON, D. (1993): The effects of spate-induced disturbance, predation and environmental complexity on macroinvertebrates in a tropical stream. - Freshw. Biol. 30: 189-197.

EATON, A.E. (1881): An announcement of new genera of the Ephemeridae. - Ent. Monthl. Mag. 18: 21-27.

EATON, A.E. (1883): A revisional monograph of recent Ephemeridae or mayflies. - Trans. Linn. Soc. London Zool. 3: 1-77.

EDMUNDS, G.F.JR, STEVEN, L.J. & BERNER, L. (1979): The Mayflies of North and Central America. University of Minnesota Press, Minneapolis.

EDMUNDS, G.F.JR. & WALTZ, R.D. (1996) Ephemeroptera. In: Merritt R.W. & Cummins, K.W. (eds): An Introduction to the Aquatic Insects of North America; 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.

EPARD, J. L.: (1975): Tertiary Himalayan structures and metamorphism in the Kulu Valley (Mandi-Khoksar transect of the Western Himalaya) - Shikar Beh Nappe and Crystalline Nappe. - Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 75: 59-84.

FLOWERS, R.W. & HILSENHOFF, W.L. (1978): Life cycles and habitats of Wisconsin Heptageniidae (Ephemeroptera). Hydrobiol. 60: 159-171.

FULLER, R. & DESMOND, C. (1997): Influence of food type on the growth of early and late instars of three mayfly (Ephemeroptera) species. - Arch. Hydrobiol. 141: 1-11.

GRANT, P., BURIAN, S. & MASTELLER, E. (1997): Emergence of Mayflies (Ephemeroptera) from streams of Erie Co., Pa. - Journ. Penn. Acad. Sci. 70: 105-112.

GUIDEBOOK (1983): Indian Guidebook of Geography. – Guidebook Company Limited.

GUPTA, A. (1993): Life histories of two species of *Baetis* (Ephemeroptera: Baetidae) in a small North-East Indian Stream. - Arch. Hydrobiol. 127: 105-114.

GUPTA, A. & MICHAEL, R.G. (1992): Diversity, distribution and seasonal abundance of Ephemeroptera in streams of Meghalaya State, India. - Hydrobiol. 228: 131-139.

HAFIZ, H.A. (1937): The Indian Ephemeroptera (Mayflies) of the suborder Ephemeroidea. - Rec. Ind. Mus. 39: 351-370.

HARTLAND-ROWE, R. (1955): Lunar rhythm in the emergence of an ephemeropteran. - Nature 176: 657-659.

HUBBARD, M.D. (1985): Ephemeroptera type-specimens in the Zoological Survey of India, Calcutta. - Orient. Ins. 18: 1-4.

HUBBARD, M.D. & PETERS, W.L. (1978): A catalogue of the Ephemeroptera of the Indian subregion. - Orient. Ins. (Suppl.) 9: 1-43.

HUBBARD, M.D. & PETERS, W.L. (1984): Ephemeroptera of Sri Lanka: An Introduction to their Ecology and Biogeography. In: Fernando, C.H. (ed.). Ecology and Biogeography in Sri Lanka. Dr. W. Junk Publisher, The Hague.

HUMPESCH, U.H. (1980): Effect of temperature on the hatching time of eggs of five *Ecdyonurus* spp. (Ephemeroptera) from Austrian streams and English streams, rivers and lakes. - J. Ani. Ecol. 49: 317-333.

ILLIES, J. (1971): Emergenz im Breitenbach (Schlitz studies on productivity, Nr. 1). - Arch. Hydrobiol. 69: 14-39.

ILLIES, J. (1975): A new attempt to estimate production in running waters (Schlitz studies on productivity, No. 12). - Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 1705-1711.

ILLIES, J. (1978): Vergleichende Emergenzmessung im Breitenbach 1969-1976 (Insecta: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera) (Schlitzer Produktionsbiologische Studien, Nr. 25). - Arch. Hydrobiol. 82: 432-448.

ILLIES J. (1980): Ephemeropteren-Emergenz in 2 Lunzer Bächen (1972-1977) - Arch. Hydrobiol. 90: 217-229.

JACOBSEN, D. & ENCALADA, A. (1998): The macroinvertebrate fauna of Ecuatorian highland streams in the wet and dry season. - Arch. Hydrobiol. 142: 53-70.

JACOBSEN, D., SCHULTZ, R. & ENCALADA, A. (1997): Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. - Freshw. Biol. 38: 247-261.

JACOBSEN, R.E. (1995): Symbiotic associations between Chironomidae (Diptera) and Ephemeroptera. In: Corkum, L.D. & Ciborowski, J.J.H. (eds): Current Directions in Research on Ephemeroptera, pp. 317-332, Canadian Scholars'Press, Toronto.

KAPUR, A.P. & KRIPALANI, M.B. (1961): The Mayflies (Ephemeroptera) from the North-Western Himalaya. - Rec. Ind. Mus. 59: 183-221.

KIMMINS, D.E. (1937): Some new Ephemeroptera. - Ann. Mag. Nat. Hist. 19: 430-440.

KIMMINS, D.E. (1947): New species of Indian Ephemeroptera. - Proc. R. Ent. Soc. Lond. 16(B): 92-100.

KIMMINS, D.E. (1960): The Ephemeroptera types of species, described by A.E.Eaton, R. McLachland and F.Walker, with particular reference to those in the British Museum (Natural History). - Bull. Brit. Mus. Ent. 9: 268-318.

KLUGE, N. YU (1988): Generic Revision of the Heptageniidae (Ephemeroptera), I. Diagnoses of tribes, genera and subgenera of the subfamily Heptageniinae (in russ.). - Entomol. Obozr. 67:291-313.

KOPELKE, J.-P. (1981): Ökologische Studien an Eintagsfliegen am Beispiel der Emergenz des zentralafrikanischen Bergbaches Kalengo (Zaire). - Entom. Abh. 44: 9-43.

KUMAR, S. (1981): Metamorphik Tectonics of the Himalaya. - Saklani, P.S. (ed), Saklani, Delhi.

KUSTAREVA, J (1976): Mayflies (Ephemeroptera, Ephemerellidae, Heptageniidae) in the rivers of the Issyk-Kul depression (in russ.). - Entomol. Obozr. 55: 58-68.

LANDA, V. (1968): Developmental cycles of central European Ephemeroptera and their interrelations. - Act. Entom. Boh. 65: 276-284.

LEWIS, D.J. (1973): The Simuliidae (Diptera) of Pakistan. - Bull. Ent. Res. 62: 453-470.

LEHMKUHL, D.M. (1968): Observations on the life histories of four species of *Epeorus* in Western Oregon (Ephemeroptera: Heptageniidae). - The Pan-Pac. Entomol. 44: 129-137.

MASTELLER, E.C. (1993): Comparison of tropical and temperate emergence phenology of aquatic insects from Puerto Rico and Pennsylvania. Introduction. - J. Kan. Ent. Soc. 66: 192 –199.

MASTELLER, E.C. & BUZBY K.M. (1973): Composition and temporal abundance of aquatic insect emergence from a tropical rainforest stream, Quebrada Prieta, at El Verde, Puerto Rico. – J. Kan. Ent. Soc. 66: 133-139.

MATTHAEI, C., UEHLINGER, U. & FRUTIGER, A. (1997): Responses of benthic invertebrates to natural versus experimental disturbance in a Swiss prealpine river. - Freshw. Biol. 37: 61-77.

MATTHAEI, C., WERTHMÜLLER, D. & FRUTIGER, A. (1997): Invertebrate recovery from a bed-moving spate: the role of drift versus movements inside or over the substratum. - Arch. Hydrobiol. 140: 221-235.

MCELRAVY, E.P., WOLDA, H. & RESH, V.H. (1982): Saisonality and annual variability of caddisfly adults (Trichoptera) in a ”non-siasonal” tropical environment. - Arch. Hydobiol. 94: 302 – 317.

MISRA, D.K. & TEWARI, V.C. (1988): Tectonics and Sedimentation of the rocks between Mandi and Rohtang, Beas Valley, Himachal Pradesh, India. - Geosc. Journ. 11: 153-172.

MÜHLENBERG, M (1989): Freilandökologie, 2. Aufl. - Quelle & Meyer, Heidelberg/Wiesbaden.

NEWBOLD, J.D., SWEENEY, B.W. & VANNOTE, R.L. (1994): A model for seasonal synchrony in stream mayflies. - J. N. Am. Benthol. Soc. 13: 3-18.

ORMEROD, S.J., RUNDLE, S.D., WILKINSON, S.M., DALY, G.P., DALE, K.M. & JUTTNER, I. (1994): Altitudinal trends in the diatoms, bryophytes, macroinvertebrates and fish of a Nepalese river system. - Freshw. Biol. 32: 309-322.

OUAHSINE, H., CÉRÉGHINO, R. & LAVANDIER, P. (1996): Influence of temperature and macrophytes development on the larval population dynamics of *Epeorus sylvicola* Pict (Ephemeroptera) in a torrential river of the ”Haut-Atlas des Marrakech” (Morocco). - Annls. Limnol. 32 (1): 27-31.

PESCADOR, M.L., MASTELLER, E.C. & BUZBY, K.M. (1993): Composition and Phenology of Ephemeroptera from a tropical rainforest stream at El Verde, Puerto Rico. - J. Kan. Ent. Soc. 66: 151-159.

PETERS, W.L. & ARVY. L. (1979): Phoresies, Biocoenoses and Thanatocoenoses in the Ephemeroptera - Proc. Int. Congr. Eph. 1978, Suppl.: 245-263.

ROY, S.P. & SHARMA, U.P. (1982): Studies on the food and feeding biology of mayfly nymphs (Insecta: Ephemeroptera) and their role in aquatic ecosystem. - Entomon. 7: 145-149.

RUBTSOV, I.A. (1947): Species, relationships, geographical distribution and probable origin of the Simuliidae of Central Asia (in russ.). – Iz. Akad. nauk. 1:87-116.

SAVOLAINEN, E. (1978): Swarming in Ephemeroptera: the meachnism of swarming and effects of illumination. - Ann. Zool. Fennici 15: 17-52.

SAVOLAINEN, E., SAURA, A. & HANTULA J. (1993): Mode of swarming in relation to reproductive isolation in Mayflies. - Evolution 47: 1796-1804.

SHARMA, R.C. (1984): Potamological studies on lotic environment of upland river Bhagirathi of Garhwal Himalaya. - Environ. Ecol. 2: 239-242.

SHARMA, R.C. (1986): Effects of physico-chemical factors on benthic fauna of Bhagarithi River, Gharwal Himalaya. - Ind. J. Ecol. 13:133-7.

SHARMA, S. (1996): Water Quality of Nepalese Rivers. Doctor Thesis (Unpublished). - Institut für Bodenkultur, Vienna.

SCHNEIDER, P. (1995): Discharge Calibration at Silt Monitoring Station (SMS) Arki, Himachal Pradesh, India. - Min. of Agric., Soil & Water Conservation Division, GTZ und RODECO, Delhi.

SINCLAIR, A.J. (1976): Applications of probability graphs in mineral exploration. – Ass. Expl. Geoch. Spec. Vol. 4. In: Vorlesungsskript Statistische Methoden in Mineralogie, Geochemie und Geologie, Universität Karlsruhe.

SINGH, R.B. (1998): Sustainable Development of Mountain Environment in India and Canada (CIDA-SICI) Project Experience. - Oxford & IBH Publishing Co., Delhi.

SINGH, S. (1960): Faunistics, taxonomy, field ecology, adaptations and zoogeography of the high altitude insects from the North West Himalaya. - Ind. J. Ecol. 2: 32-45.

SINGH, T. V. (1989): The Kullu Valley - Impact of Tourism Development in the Mountain Areas. - Himalayan Books, Delhi.

SINGH, U.N.; QUASIM, M.D. & KUMAR, A.N. (1990): Aquatic insects of Motijheel, Motihari, Bihar. - Environ. Ecol. 8: 467-468.

SINITSCHENKOVA, N.D. (1976): Mayflies of the genus *Iron* EATON (Ephemeroptera, Heptageniidae) in the fauna of the Caucasus (in russ.). Entomol. Obozr. 55: 853-862.

SOLDÁN, T. (1979): The effect of *Symbiocladius Rhithrogenae* (Diptera, Chironomidae) on the development of reproductive organs of *Ecdyonurus lateralis* (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Folia Parasit. (Praha) 26: 45-50.

SRIVASTAVA, V.D. (1983a): Analysis of the faunal component of Indian Ephemeroptera and their role in aquatic ecosystem. - Proc. Symp. Ins. Ecol & Res. Man.: 153-168.

SRIVASTAVA, V.D. (1983b): High altitude Ephemeroptera of India. - Proc. Worksh. Ent. & Ecol., Zool. Surv. India: 137-159.

STEPHENSON B.J. (1997): The tectonic and metamorphic evolution of the main central thrust zone and High Himalaya around the Kishtwar and Kulu windows, Nortwest India. - Unpublished Doctorthesis, University of Oxford. Department of Earth Sciences; Trinity Term., Oxford.

STONE, M.K. & WALLACE, B. (1998): Long-term recovery of a mountain stream from clear-cut logging: the effects of forest succession on benthic invertebrate community structure. - Freshw. Biol. 39: 151-169.

STRAHLER, A.N. (1952): Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW(ed): Handbook of applied Hydrology. - McGraw Hill, New York.

STUDEMANN, D., LANDOLT, P., SARTORI, M., HEFTI, D. & TOMKA, I. (1992): Insecta Helvetica Fauna 9, Ephemeroptera. - Schw. Ent. Ges., Zürich.

SWEENEY, B.W. (1984): Factors influencing life-history patterns of aquatic insects. – In: Resh and Rosenberg (eds): The Ecology of Aquatic Insects, pp. 56-100. Praeger, New York.

SWEENEY, B.W., JACKSON, J.K., NEWBOLD, J.D. & FUNK, D.H. (1992): Climate Change and the Life Histories and Biogeography of Aquatic Insects in Eastern North America, pp. 143-147. – In: P.Firth and S.G. Fisher (eds), Global Climate Change and Freshwater Ecosystems. Springer Verlag, New York.

THIBAULT, M. (1971): Le dévelopement des Éphéméropteres d'un ruisseau a truites des Pyrénées-Atlantiques, le Lissuraga. - Annls. Limnol. 7: 53-120.

TJONNELAND, A. (1960): The flight activity of mayflies as expressed in some East African species. - Arbok Univ. Bergen, Mat. Naturvitensk. 1: 1-88.

TOWNS, D.R. (1983): Life history patterns of six sympatric species of Leptophlebiidae (Ephemeroptera) in a New Zealand stream and the role of interspecific competition in their evolution. - Hydrobiol. 99: 37-50.

TOWNSEND, C.R. & ARBUCKLE C.J. (1997): The relationship between land use and physicochemistry, food resources and macroinvertebrate communities in tributaries of the Taieri River, New Zealand: a hierarchically scaled approach. - Freshw. Biol. 37: 177-191.

TRAVER, J.R. (1939): Himalayan mayflies (Ephemeroptera). - Ann. & Mag. Nat. Hist. 4: 32-56.

TURCOTTE, P & HARPER P.P. (1982): Drift patterns in a high Andean stream. – Hydrobiol. 89: 141-151.

ULMER, G. (1912): Sauter's Formosa. Ausbeute Ephemeriden. - Ent. Mitteil. 1: 369-375.

ULMER, G. (1940): Eintagsfliegen (Ephemeropteren) von den Sunda-Inseln. - Arch. Hydrobiol., Suppl. 16: 443-692.

WAGNER, R. (1984): Effects of an artificially changed stream bottom on emerging insects. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2042-2047.

WARD, J.V. (1982): Aquatic Insect Ecology. 1. Biology and Habitat. John Wiley & Sons, New, York.

WINTERBOTTOM, J., ORTON, S.E., HILDREW, A.G. & LANCASTER, J. (1997): Field experiments on flow refugia in streams. - Freshw. Biol. 37: 569-580.

WOLDA, H. & FLOWERS, R.W. (1985): Seasonality and diversity of mayfly adults (Ephemeroptera) in a "nonseasonal" tropical environment. - Biotropica 17: 330-335.

ZUWERRA, A. & TOMKA I. (1985): *Electrogena* gen. nov., eine neue Gattung der Heptageniidae. - Entomol. Ber. Luzern 13: 99-104.

ZURWERRA, A, TOMKA, I & LAPEL (1986): Morphological and enzyme electrophoretic studies on the relationships of the European species of *Epeorus* EATON (Ephemeroptera, Heptageniidae). - Syst. Entomol. 11: 155-266.

12. Anhang: Tabellen und Abbildungen

12.1 Vorbemerkungen

Die ausführlichen Tabellen im Anhang sollen zum einen zeigen auf welcher Datengrundlage die Auswertungen stattgefunden hat. Zum anderen stehen so die Rohdaten für Dritte, die die Daten unter anderen Gesichtspunkten auswerten wollen, zur Verfügung.

Leere Kästchen oder n.g. in den Tabellen bedeutet, dass zu diesem Zeitpunkt keine Untersuchung oder Messung stattgefunden hat.

Die Daten der Emergenzauswertungen im Naggarbach 1996 - 1997 (Kap. 12.6) und im Nishallahbach 1996 - 1997 (Kap. 12.7) beziehen sich auf Subimagines und Imagines.

Datum	Kunoibach			Nishallahbach		Karolbach	
	Luftt.	W.-temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
08.06.95	20,5	13,0	25				
09.06.95		15,1	29				
12.06.95		14,8	28				
14.06.95		15,3	29				
15.06.95	29,6	16,6	29				
16.06.95	29,2	15,3	28				
19.06.95		13,8	40 nach Regen				
22.06.95		10,9	31				
24.06.95	28,0	12,8	32				
25.06.95		14,3	32				
26.06.95		16,6	32				
Jun	**26,8**	**14,4**	**27**				
06.07.95						12,2	156
13.07.95		15,4	31				
18.07.95		16,3	31				
23.07.95		15,0	30				
25.07.95		12,8	28				
Jul		**14,9**	**30**			**12,2**	**156**
09.08.95		12,3	26				
10.08.95		14,5	30				
11.08.95		14,5	30				
23.08.95		14,6	34				
24.08.95				18,1	100		
Aug		**13,9**	**30**	**18,1**	**100**		
29.09.95		11,2	39				
Sep		**11,2**	**39**				
01.12.95		3,1	50				
Dez		**3,1**	**50**				

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
01.03.96												
02.03.96												
03.03.96												
04.03.96												
05.03.96												
06.03.96												
07.03.96												
08.03.96		23,0			7,5	134						
09.03.96		16,0					7,4	55				
10.03.96												
11.03.96												
12.03.96												
13.03.96		11,4			9,1	132						
14.03.96												
15.03.96												
16.03.96												
17.03.96												
18.03.96												
19.03.96		4,8					4,1	46				
20.03.96												
21.03.96												
22.03.96												
23.03.96												
24.03.96												
25.03.96												
26.03.96												
27.03.96												
28.03.96												
29.03.96												
30.03.96												
31.03.96												
Mär		**18,3**			**8,3**	**133**	**11,5**	**51**				
01.04.96												
02.04.96												
03.04.96					9,3	116						
04.04.96		17,0					7,9	47				
05.04.96												
06.04.96												
07.04.96		17,0			9,1	109						
08.04.96												
09.04.96												
10.04.96												
11.04.96												
12.04.96												
13.04.96												
14.04.96												
15.04.96												
16.04.96												
17.04.96												
18.04.96												
19.04.96												
20.04.96												
21.04.96												
22.04.96												
23.04.96												
24.04.96		19,4			10,9	88						
25.04.96												
26.04.96												
27.04.96		22,4	15,5	197								
28.04.96		23,3			13,1	83						
29.04.96		22,2					10,7	33				
30.04.96												

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
Apr		**20,2**	**15,5**	**197**	**10,6**	**99**	**9,3**	**40**				
01.05.96												
02.05.96												
03.05.96												
04.05.96											11,1	142
05.05.96											10,8	143
06.05.96												
07.05.96												
08.05.96		18,5			11,2	77						
09.05.96												
10.05.96												
11.05.96												
12.05.96												
13.05.96												
14.05.96												
15.05.96												
16.05.96												
17.05.96												
18.05.96					14,1	97						
19.05.96												
20.05.96												
21.05.96												
22.05.96												
23.05.96												
24.05.96												
25.05.96												
26.05.96												
27.05.96												
28.05.96												
29.05.96												
30.05.96												
31.05.96												
Mai		**18,5**			**12,7**	**87**					**11**	**143**
01.06.96												
02.06.96												
03.06.96												
04.06.96												
05.06.96		24,0	14,6	199								
06.06.96		23,5	17,4	210								
07.06.96												
08.06.96												
09.06.96												
10.06.96												
11.06.96												
12.06.96	0		20,5	210								
13.06.96	10											
14.06.96	0											
15.06.96	0	19,2					13,6	26				
16.06.96	0		17,6	212								
17.06.96	0											
18.06.96	0		18,8	222								
19.06.96	0											
20.06.96	0											
21.06.96	0											
22.06.96	0											
23.06.96	60											
24.06.96	20											
25.06.96	50											
26.06.96	0											
27.06.96	2											
28.06.96	2											
29.06.96	2											

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
30.06.96	40		15,1	210	12,5	85						
Jun	**186**	**22,3**	**17,3**	**211**	**12,5**	**85**	**13,6**	**26**				
01.07.96	0						14,7	31				
02.07.96	0											
03.07.96	0											
04.07.96	0		16,5	220	14,9	108						
05.07.96	30											
06.07.96	0											
07.07.96	0											
08.07.96	0											
09.07.96	0											
10.07.96	0											
11.07.96	0											
12.07.96	10		17,0	216	18,1	114						
13.07.96	80											
14.07.96	0											
15.07.96	2											
16.07.96	0											
17.07.96	0											
18.07.96	2											
19.07.96	0		16,5	220	20,7	128						
20.07.96	0											
21.07.96	0											
22.07.96	0											
23.07.96	80											
24.07.96	2											
25.07.96	50											
26.07.96	0		16,4	207	19,6	114						
27.07.96	0											
28.07.96	0											
29.07.96	2											
30.07.96	10											
31.07.96	2											
Jul	**270**		**16,6**	**216**	**18,3**	**116**	**14,7**	**31**				
01.08.96	0											
02.08.96	20		16,9	207	16,7	103						
03.08.96	10											
04.08.96	0											
05.08.96	20											
06.08.96	0											
07.08.96	0											
08.08.96	0											
09.08.96	0		17,0	214	16,7	115						
10.08.96	0											
11.08.96	0											
12.08.96	0											
13.08.96	0											
14.08.96	60											
15.08.96	20											
16.08.96	0		17,4	191	16,0	87						
17.08.96	50											
18.08.96	0											
19.08.96	2											
20.08.96	0											
21.08.96	80											
22.08.96	60											
23.08.96	10		15,9	172	14,7	102						
24.08.96	40											
25.08.96	0											
26.08.96	0											
27.08.96	0											
28.08.96	0											
29.08.96	2											
30.08.96	0		16,7	180	15,5	120						
31.08.96	20											

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Karolbach	
	Regen	Luftt.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
Aug	**394**		**16,8**	**193**	**15,9**	**105**						
01.09.96	0											
02.09.96	20											
03.09.96	0				15,5	120						
04.09.96	0											
05.09.96	2											
06.09.96	0		17,9	182	17,4	123						
07.09.96	0											
08.09.96	2											
09.09.96	60											
10.09.96	80											
11.09.96	0											
12.09.96	0											
13.09.96	0		16,0	216	13,6	113						
14.09.96	0											
15.09.96	0											
16.09.96	0											
17.09.96	0											
18.09.96	0											
19.09.96	0											
20.09.96	0		15,9	188	14,7	127						
21.09.96	0											
22.09.96	0											
23.09.96	0											
24.09.96	0											
25.09.96	0											
26.09.96	0											
27.09.96	0		14,3	199	13,2	134						
28.09.96	0											
29.09.96	0											
30.09.96	0											
Sep	**164**		**16,0**	**196**	**14,9**	**123**						
01.10.96	0											
02.10.96	0											
03.10.96	0											
04.10.96	0		12,7	201	11,3	132						
05.10.96	0											
06.10.96	0											
07.10.96	0											
08.10.96	0											
09.10.96	0											
10.10.96	0				14,0	137						
11.10.96	0		13,6	205								
12.10.96	0		13,4	208								
13.10.96	0											
14.10.96	0											
15.10.96	0		12,1	205								
16.10.96	0											
17.10.96	0		12,9	206								
18.10.96	0				11,4	141						
19.10.96	0		12,3	208								
20.10.96	0											
21.10.96	30											
22.10.96	0						7,3	44				
23.10.96	0											
24.10.96	0		11,0	209	10,1	143						
25.10.96	0		11,3	209								
26.10.96	0											
27.10.96	0											
28.10.96	0											
29.10.96	0		11,9	209								
30.10.96	0		11,0	212					12,2	135		
31.10.96	0				10,9	155						

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
Okt	**30**		**12,2**	**207**	**11,5**	**142**	**7,3**	**44**	**12,2**	**135**		
01.11.96	0											
02.11.96	0											
03.11.96	0											
04.11.96	0		11,0	212								
05.11.96	0											
06.11.96	0											
07.11.96	0				8,4	148						
08.11.96	0											
09.11.96	0											
10.11.96	0											
11.11.96	0		9,9	214								
12.11.96	0											
13.11.96	0											
14.11.96	0											
15.11.96	0		9,0	214	7,1	155						
16.11.96	0											
17.11.96	0											
18.11.96	0		10,6	216								
19.11.96	0		10,8	216								
20.11.96	0											
21.11.96	0											
22.11.96	0		8,8	214								
23.11.96	0		10,0	217	8,3	150						
24.11.96	0		9,3	218								
25.11.96	0											
26.11.96	0											
27.11.96	0											
28.11.96	0											
29.11.96	0						2,8	51				
30.11.96	0											
Nov	**0**		**9,9**	**215**	**7,9**	**151**	**2,8**	**51**				
01.12.96	0											
02.12.96	0											
03.12.96	0											
04.12.96	0											
05.12.96	0		8,4	211	5,8	153						
06.12.96	0											
07.12.96	0											
08.12.96	0											
09.12.96	0											
10.12.96	0											
11.12.96	0											
12.12.96	0				4,8	156						
13.12.96	0											
14.12.96	0											
15.12.96	0											
16.12.96	0											
17.12.96	0											
18.12.96	0											
19.12.96	0											
20.12.96	0				4,6	157						
21.12.96	0											
22.12.96	0											
23.12.96	0											
24.12.96	0											
25.12.96	10											
26.12.96	0				7,1	156						
27.12.96	0											
28.12.96	0											
29.12.96	0											
30.12.96	0											

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.	W.-Temp	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
31.12.96	10											
Dez	**20**		**8,4**	**211**	**5,6**	**155**						

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Solangbach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
01.01.97	0													
02.01.97	0				5,1	156								
03.01.97	0													
04.01.97	0													
05.01.97	0													
06.01.97	0													
07.01.97	0													
08.01.97	0													
09.01.97	0				3,8	159								
10.01.97	0		6,7											
11.01.97	0													
12.01.97	0													
13.01.97	0													
14.01.97	0													
15.01.97	0													
16.01.97	0				5,1	159								
17.01.97	0													
18.01.97	0													
19.01.97	**40**		5,2	185										
20.01.97	**20**													
21.01.97	**20**													
22.01.97	0													
23.01.97	0				4,1	156								
24.01.97	0		4,7											
25.01.97	0													
26.01.97	0													
27.01.97	0													
28.01.97	0													
29.01.97	0													
30.01.97	0				5,6	157								
31.01.97	0													
Jan	**80**		**5,5**	**185**	**4,8**	**157**								
01.02.97	0		5,2	217										
02.02.97	**20**													
03.02.97	**20**													
04.02.97	0													
05.02.97	0													
06.02.97	0				5,3	159								
07.02.97	0													
08.02.97	2													
09.02.97	**10**													
10.02.97	**20**													
11.02.97	0													
12.02.97	0													
13.02.97	0				6,8	157								
14.02.97	0													
15.02.97	0													
16.02.97	0													
17.02.97	0													
18.02.97	0													
19.02.97	0													
20.02.97	0				7,4	157								
21.02.97	0													
22.02.97	0													
23.02.97	0													
24.02.97	0													
25.02.97	10													
26.02.97	60													
27.02.97	0				8,3	157								
28.02.97	0													
Feb	**142**		**5,2**	**217**	**7,0**	**157**								
01.03.97	0													
02.03.97	2													
03.03.97	0													

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Solangbach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
04.03.97	0													
05.03.97	0													
06.03.97	0				8,7	145								
07.03.97	0													
08.03.97	0													
09.03.97	0													
10.03.97	0													
11.03.97	0													
12.03.97	0													
13.03.97	0				9,4	148								
14.03.97	0													
15.03.97	2													
16.03.97	**70**													
17.03.97	0													
18.03.97	0													
19.03.97	**50**													
20.03.97	0				10,1	142								
21.03.97	0													
22.03.97	0													
23.03.97	0													
24.03.97	0													
25.03.97	0													
26.03.97	0													
27.03.97	0				8,9	122								
28.03.97	0													
29.03.97	**110**													
30.03.97	0													
31.03.97	0													
Mär	**234**				**9,3**	**140**								
01.04.97	**30**													
02.04.97	0													
03.04.97	0				7,4	125								
04.04.97	**40**													
05.04.97	0													
06.04.97	0													
07.04.97	0													
08.04.97	0													
09.04.97	0													
10.04.97	0				10,6	131								
11.04.97	0													
12.04.97	0													
13.04.97	0													
14.04.97	0													
15.04.97	0													
16.04.97	**60**													
17.04.97	**30**				12,3	117								
18.04.97	0			**178**										
19.04.97	0													
20.04.97	0													
21.04.97	0													
22.04.97	0													
23.04.97	0													
24.04.97	0			**195**	13,4	103								
25.04.97	0			**197**										
26.04.97	0													
27.04.97	0													
28.04.97	2													
29.04.97	2													
30.04.97	0						9,8	43						
Apr	**164**		**14,1**	**190**	**10,9**	**119**	**9,8**	**43**						
01.05.97	0				13,8	101								
02.05.97	2													
03.05.97	0													
04.05.97	0								13,6	79				

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Solangbach		Karolbach	
	Regen	Lufft.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
05.05.97	0													
06.05.97	0													
07.05.97	2													
08.05.97	70				10,5	76								
09.05.97	2													
10.05.97	0			186										
11.05.97	0													
12.05.97	0													
13.05.97	0													
14.05.97	2													
15.05.97	2				13,8	100								
16.05.97	0	20,8	14,9											
17.05.97	0	17,8	14,4											
18.05.97	0	17,8	13,0		13,4	92								
19.05.97	0	20,4	14,4											
20.05.97	0	22,4	14,9											
21.05.97	0	20,4	14,7						11,9	93	8,1	92		
22.05.97	0	24,5	15,5		12,9	95								
23.05.97	0	19,2	15,6											
24.05.97	0	19,6	13,7				10,1	33						
25.05.97	0	22,6	15,6											
26.05.97	0	18,5	13,9											
27.05.97	0	20,2	15,9											
28.05.97	0	20,8	15,3											
29.05.97	0	18,3	14,1											
30.05.97	0	**12,7**	**12,3**	205										
31.05.97	10	15,1	12,9											
Mai	**90**	**19,4**	**14,4**	**196**	**12,7**	**93**	**10,1**	**33**	**12,8**	**86**	**8,1**	**92**		
01.06.97	0	18,0	14,4											
02.06.97	0	17,7	14,1											
03.06.97	5	17,3	14,1											
04.06.97	0	19,9	15,5											
05.06.97	0	20,8	16,4		14,7	89								
06.06.97	25	20,3	15,5											
07.06.97	15	18,4	14,7											
08.06.97	0	16,0	21,5	205										
09.06.97	0	17,7	14,7											
10.06.97	0	21,0	16,2				14,1	32						
11.06.97	0	23,4	17,0											
12.06.97	0	17,7	14,2		13,1	95								
13.06.97	0	23,7	16,9											
14.06.97	0	24,9	17,3				14,3	30						
15.06.97	0	25,5	17,9											
16.06.97	0	22,4	17,0											
17.06.97	0	26,0	17,6											
18.06.97	0	23,5	17,5		16,5	108								
19.06.97	0	25,0	17,6											
20.06.97	0	**19,8**	**15,7**								8,8	71		
21.06.97	15	24,6	18,2											
22.06.97	0	23,0	17,7											
23.06.97	0	27,4	18,8	**216**										
24.06.97	0	23,5	18,5											
25.06.97	0	24,8	18,5											
26.06.97	0	21,5	16,5		17,7	119								
27.06.97	0	22,7	16,8											
28.06.97	0	23,0	17,5											
29.06.97	0	20,8	15,9											
30.06.97	0	25,4	17,8											
Jun	**60**	**21,9**	**16,7**	**211**	**15,5**	**103**	**14,2**	**31**			**8,8**	**71**		
01.07.97	0	26,5	17,8											
02.07.97	0	26,9	18,4						18,2	124				
03.07.97	0	28,0	18,9		18,7	123								
04.07.97	0	28,1	19,1											
05.07.97	0	27,7	19,5											

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Solangbach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
06.07.97	0	28,5	19,0											
07.07.97	0	25,8	18,7											
08.07.97	25	25,5	19,1											
09.07.97	10	24,1	18,8	215										
10.07.97	**105**	20,8	18,3											
11.07.97	10	20,3	**17,2**											
12.07.97	25	23,7	18,8	208										
13.07.97	0	24,8	19,0											
14.07.97	35	21,9	18,4	204					21,1	126				
15.07.97	0	23,8	18,9											
16.07.97	0	24,7	19,0	201										
17.07.97	0	26,2	20,5	209										
18.07.97	0	27,4	21,1	208	22,7	122								
19.07.97	0	26,0	20,0	211										
20.07.97	0	27,4	20,0	212										
21.07.97	0	24,7	19,2	212			18,1	32						
22.07.97	30	22,2	17,8	208										
23.07.97	15	25,7	19,3	208										
24.07.97	35	24,4	19,2		17,3	86								
25.07.97	15	26,5	**18,3**	200										
26.07.97	0	25,0	19,0	205										
27.07.97	5	27,0	20,0	209										
28.07.97	0	22,0	17,4	209										
29.07.97	0	19,9	17,2	207										
30.07.97	15	22,0	17,4	208										
31.07.97	0	22,1	17,8	195	17,4	98								
Jul	**325**	**24,8**	**18,9**	**207**	**19,0**	**107**	**18,1**	**32**	**19,7**	**125**				
01.08.97	10	18,3	16,4	188										
02.08.97	**20**	16,9	16,6											
03.08.97	**20**	17,7	15,6											
04.08.97	**20**	22,6	17,4											
05.08.97	0	23,8	17,9	**157**										
06.08.97	0	23,8	17,6	**160**										
07.08.97	0	25,8	19,2	**164**	19,2	104								
08.08.97	0	24,7	18,6											
09.08.97	0	24,4	18,0											
10.08.97	0	25,4	19,0	169										
11.08.97	0	22,3	17,2	174										
12.08.97	10	19,2	16,7											
13.08.97	35	21,6	17,5											
14.08.97	0	22,5	17,1	165	15,0	103								
15.08.97	0	24,5	17,9											
16.08.97	0	23,1	17,6											
17.08.97	0	25,2	18,3											
18.08.97	0	25,0	18,6	176										
19.08.97	0	25,3	18,4											
20.08.97	0	25,2	19,0											
21.08.97	0	25,7	19,0											
22.08.97	0	23,2	17,7	185	17,1	122								
23.08.97	0	22,7	17,7				13,2	35						
24.08.97	0	21,4	16,9	191					18,6	112				
25.08.97	**25**	20,0	16,1	191										
26.08.97	**10**	18,4	15,8	190										
27.08.97	**15**	17,4	15,2	**124**										
28.08.97	**80**	17,9	16,1											
29.08.97	**125**	18,5	15,8	**149**										
30.08.97	2	21,5	16,9	164	14,2	79								
31.08.97	0	22,2	16,7	166										
Aug	**372**	**22,1**	**17,3**	**169**	**16,4**	**102**	**13,2**	**35**	**18,6**	**112**				
01.09.97	0	22,7	16,8	195										
02.09.97	30	20,4	16,2	157										
03.09.97	10	21,7	16,5	162	18,4	117								
04.09.97	0	24,7	17,5	164										
05.09.97	0	23,6	17,3	165										

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Solangbach		Karolbach	
	Regen	Lufttt.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
06.09.97	0	22,8	16,8											
07.09.97	10	22,2	17,1	169										
08.09.97	25	23,9	17,6	172										
09.09.97	1	23,3	17,1											
10.09.97	0	19,0	15,6	178										
11.09.97	0	22,6	16,9	176	16,5	117								
12.09.97	0	24,4	17,3						19,4	110				
13.09.97	15	22,9	16,5											
14.09.97	0	23,5	16,7	182										
15.09.97	0	22,8	16,7	185										
16.09.97	0	23,1	17,0	186										
17.09.97	0	23,0	16,9	188	17,3	125								
18.09.97	0	23,7	16,7	189										
19.09.97	0	23,4	16,7	189										
20.09.97	0	21,1	16,7	192										
21.09.97	0	20,4	15,0	191										
22.09.97	0	18,8	15,4	153							9,6	100		
23.09.97	0	20,8	15,2	194										
24.09.97	0	21,5	15,4	196			11,6	37						
25.09.97	0	22,5	15,8	196	15,4	132								
26.09.97	0	22,6	15,5	196					17	123				
27.09.97	0	15,0	14,4											
28.09.97	0	14,5	13,5	198										
29.09.97	0	13,6	13,1	199										
30.09.97	5	14,5	12,9	196									10,2	145
Sep	**96**	**21,3**	**16,1**	**190**	**16,9**	**123**	**11,6**	**37**	**18,2**	**117**	**9,6**	**100**	**10,2**	**145**
01.10.97	0	16,2	13,5											
02.10.97	0	17,0	13,6	199	13,2	133								
03.10.97	0	14,6	13,3	197										
04.10.97	10	16,2	13,5	200										
05.10.97	0	14,9	13,2	199										
06.10.97	0	15,5	13,0	199										
07.10.97	0	16,9	13,5	200										
08.10.97	0	15,2	13,3	200										
09.10.97	0	16,2	13,0	202	11,9	132								
10.10.97	0	14,7	12,6	202										
11.10.97	0	15,4	12,8	202										
12.10.97	0	16,6	12,2	202										
13.10.97	0	17,0	12,3	202										
14.10.97	0	15,3	12,1	203										
15.10.97	0	17,1	11,9	204										
16.10.97	0	19,6	12,2	203	11,8	136								
17.10.97	0	15,7	12,8	205										
18.10.97	0	15,0	12,5											
19.10.97	0	15,2	12,2	204										
20.10.97	0	14,1	12,4	204			8,4	42						
21.10.97	5	15,1	12,1	204										
22.10.97	10	14,5	11,6	205										
23.10.97	0	12,4	11,5	205	9,8	136								
24.10.97	0	17,2	11,4	205										
25.10.97	0	17,4	11,8						10,2	132				
26.10.97	0	13,7	12,0											
27.10.97	15	15,0	12,1	206										
28.10.97	15	13,9	11,7	205										
29.10.97	15	13,5	11,5	205										
30.10.97	5	15,1	11,3	206	10,3	135								
31.10.97	0	12,9	11,1	208										
Okt	**75**	**15,5**	**12,4**	**203**	**11,4**	**134**	**8,4**	**42**	**10,2**	**132**				
01.11.97	0	13,8	10,1	208										
02.11.97	0	14,2	10,2	209										
03.11.97	0	15,1	10,2	210										
04.11.97	0	16,2	10,8	210										
05.11.97	0	14,8	10,6	210					10,3	133				
06.11.97	0	14,2	10,9	210	9,3	139								

Datum	Naggarbach				Nishallahbach		Kunoibach		Raogibach		Solangbach		Karolbach	
	Regen	Lufft.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.	W.-t.	Leitf.
	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]	[°C]	[µS/cm]
07.11.97	0	14,9	11,0	210										
08.11.97	0	14,7	11,3	5679			6,9	44						
09.11.97	20	3,3	6,4	194										
10.11.97	180	6,0	7,5	162										
11.11.97	15	11,8	8,6	194										
12.11.97	0	11,7	8,6	199										
13.11.97	0	10,1	8,3	202	6,1	137								
14.11.97	0	10,4	9,3	204					6,9	130				
15.11.97	0	10,2	8,5	205										
16.11.97	0	12,5	10,1	208										
17.11.97	0	12,8	10,2	208										
18.11.97	0	12,2	10,2	208										
19.11.97	5	10,1	9,6											
20.11.97	0	10,2	9,0	208	7,2	138								
21.11.97	0	10,9	9,0	209										
22.11.97	0	13,2	9,4	210			4,4	44						
23.11.97	0	10,1	8,9	205										
24.11.97	10	11,6	9,1	209										
25.11.97	10	5,7	6,7											
26.11.97	140	8,6	8,3	160										
27.11.97	40	9,4	8,4	176										
28.11.97	0	10,8	9,4	187	7,2	133								
29.11.97	0	11,2	9,6	191										
30.11.97	0	10,1	9,0	194										
Nov	**420**	**11,4**	**9,3**	**200**	**7,5**	**137**	**5,6**	**44**	**8,6**	**132**				
01.12.97	50	8,3	6,7											
02.12.97	0	8,4	8,1											
03.12.97	0	6,2	7,1											
04.12.97	5	11,0	8,7	183	6,8	137								
05.12.97	0	9,4	7,6											
06.12.97	0	10,4	8,4											
07.12.97	0	10,0	8,6											
08.12.97	0	11,0	9,0											
09.12.97	45	6,1	7,6											
10.12.97	55	9,5	8,3											
11.12.97	0	10,2	9,0	171	6,2	132								
12.12.97	0	10,7	9,4											
13.12.97	0	10,1	9,4											
14.12.97	15	8,2	8,1											
15.12.97	0	9,5	8,2											
16.12.97	0	11,7	9,0											
17.12.97	0	9,7	7,5											
18.12.97	0	7,8	7,0											
19.12.97	0	9,0	7,3	186	4,6	140								
20.12.97	0	8,6	7,0											
21.12.97	0	9,0	7,3											
22.12.97	0	10,6	8,1						3,9	133				
23.12.97	0	11,2	8,2				3,5	46						
24.12.97	0	7,8	7,3	188										
25.12.97	0	8,5	6,9											
26.12.97	0	9,0	7,5	190	4,8	142								
27.12.97	0	9,9	7,5		5,0	142								
28.12.97	0	10,4	8,1											
29.12.97	0	6,2	7,1											
30.12.97	12	5,1	5,8											
31.12.97	0	4,5	5,2											
Dez	**182**	**9,0**	**7,8**	**184**	**5,5**	**139**	**3,5**	**46**	**3,9**	**133**				

	Afghanurus	*Electrogena*	*Epeorus*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhithrogena*	*Rhithrogena*
	vicinus	*eatoni*	*bispinosus*	*martensi*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
Kunoibach									
10.6.									1w
10.6.								1w	
12.6.						1w			
16.6.					8w				
16.6.					4m				
16.6.					1m				
16.6.					1m				
17.6.						1m			
24.6.						1m			
24.6.				1w					
24.6.				1w					
24.6.				1w					
24.6.						1w			
24.6.					1w				
24.6.					1m				
24.6.						1m			
27.6.					1w				
27.6.						1w			
27.6.						1w			
27.6.					1m				
27.6.				1w					
27.6.				1w					
27.6.								1m	
27.6.								1m	
27.6.						1m			
27.6.								1w	
27.6.						1w			
27.6.								1m	
27.6.						1w			
27.6.						1w			
27.6.								1w	
27.6.								1m	
7.7.					1w				
7.7.						1w			
7.7.					1w				
9.7.								1w	
17.7.					1w				
17.7.						1w			
17.7.					1m				
17.7.					1w				
18.7.					1w				
18.7.					1m				
18.7.					1w				
18.7.					1w				
22.7.					1m				
22.7.					1m				
22.7.						1w			
23.8.						1w			
24.8.						1w			
Karolbach									
6.7.						1w			
6.7.			1w						

	Afghanurus	*Electrogena*	*Epeorus*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhithrogena*	*Rhithrogena*
	vicinus	*eatoni*	*bispinosus*	*martensi*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
Kunoibach									
29.10.						1m			
02.11.		1m							
Naggarbach									
30.06.			1w						
13.10.			1m						
13.10.			1m						
12.10.			1w						
12.10.			1w						
17.10.			1w						
19.10.					1m				
19.10.			1m						
19.10.			1m						
19.10.			1w						
21.10.			1w						
30.10.			1w						
30.10.			1m						
31.10.			1w						
31.10.			1m						
31.10.			1w						
02.11.			1w						
02.11.			1w						
02.11.			1m						
02.11.			1w						
02.11.			1w						
Nishallahbach									
19.10.					1m				
19.10.			1m						
19.10.			1m						
25.10.			1w						
27.10.			1m						
27.10.			1w						
27.10.			1m						
29.10.			1w						
29.10.			1w						
29.10.			1w						
30.10.			1w						
31.10.			1m						
02.11.			1w						
02.11.			1m						

	Afghanurus	*Electrogena*	*Epeorus **	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhith.*	*Rhith.*
	vicinus	*eatoni*	*bisp.*	*martensi*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
Kunoibach									
30.5.								1w	
3.6.									1w
3.6.									1w
4.6.									1w
8.6.									1w
8.6.									1m
15.6.				1m					
15.6.									1w
15.6.									1w
19.6.				1w					
19.6.				1m					
25.9.				1w					
25.9.				1m					
25.9.				1w					
25.9.				1m					
29.9.					1w				
29.9.				1w					
2.10.				1m					
2.10.				1w					
2.10.				1m					
2.10.				1w					
6.10.						1m			
24.10.						1w			
4.11.		1w							
Naggarbach									
24.4.			1m						
6.5.		1w							
8.6.			1w						
15.6.		1w							
2.8.		1w							
26.8.		1w							
Nishallahbach									
2.5.			1w						
5.5.			1w						
12.6.					1m				
18.6.				1w					
21.6.				1m					
27.6.						1w			
27.6.				1m					
27.6.									1m
27.6.					1m				
27.6.					1m				
28.6.	1w								
28.6.	1m								
2.7.				1w					
3.7.		1m							
3.7.	1w								
3.7.	1m								
5.7.					1m				
5.7.					1m				
6.7.					1m				
7.7.		1m							
7.7.									1m
9.7.	1m								

W = Weibchen; M = Männchen

	Afghanurus	*Electrogena*	*Epeorus **	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhith.*	*Rhith.*
	vicinus	*eatoni*	*bisp.*	*martensi*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
9.7.	1w								
9.7.	1w								
18.7.		1w							
20.7.	1w								
21.7.	1w								
26.7.	1m								
27.7.	1w								
27.7.	1w								
29.7.	1m								
31.7.	1m								
2.8.		1m							
16.9.					1w				
18.9.				1w					
24.9.				1w					
26.9.				1m					
26.9.				1m					
28.9.									1m
28.9.				1m					
3.10.									1w
7.10.		1m							
1.11.			1w						
4.11.			1w						
Raogibach									
2.6.	1m								
30.7.	1w								
11.8.		1w							
24.10.			1w						
25.10.			1m						
18.11.			1w						
19.9.			1w						
Solangbach									
29.5.								1w	
24.6.							1m		
25.6.							1m		
28.6.							1w		
24.9.				1m					
24.9.				1w					
24.9.				1m					
26.9.						1w			
26.9.				1w					
29.9.				1m					
7.10.				1w					
Karolb.									
2.10.			1w						
7.10.			1w						
8.10.			1w						
9.10.			1m						
9.10.			1w						
12.10.		1w							

	Afghanurus vicinus	*Electrogena eatoni*	*Epeorus bispinosus*	*Iron martensi*	*Iron psi*	*Iron nigrip.*	*Iron sinesp.*	*Rhithrogena tiansh.*	*Rhithrogena sp.1*
Naggarbach									
27.04.			1						
29.04.			1						
09.06.						1			
10.06.		3	1						
11.06.		1							
12.06.			1						
15.06.			2			1			
16.06.		2							
17.06.		1	2						
17.06.		1	2						
18.06.			1						
18.06.			3						
19.06.			5						
20.06.						1			
29.06.		1	1						
01.07.			1						
03.07.					1				
12.10.			1						
15.10.			3						
17.10.			2						
19.10.			1						
21.10.			5						
23.10.			5						
25.10.			5						
27.10.			3						
28.10.			3						
29.10.			4						
30.10.			1						
02.11.			2						
27.11.			1						
05.12.			1						
Nishallahbach									
08.05.			1						
10.06.			2						
19.10.					1				
19.10.			1						
19.10.			1						
24.10.			1						
25.10.			1						
27.10.			1						
27.10.			1						
27.10.			1						
27.10.			1						
29.10.			1						
29.10.			1						
29.10.			1						
30.10.			1						
31.10.			3						
31.10.			1						
02.11.			1						
02.11.			1						

	Afghanurus	*Electrogena*	*Epeorus*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhithrogena*	*Rhithrogena*
	vicinus	*eatoni*	*bispinosus*	*martensi*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
Naggarbach									
24.4.		1							
25.4.			1						
2.5.			3						
4.5.			1						
5.5.			2		1				
8.5.			1						
9.5.			1						
10.5.			6		5				
11.5.			2						
12.5.			4						
14.5.			2						
15.5.			1						
17.5.			2						
18.5.			2		1				
19.5.			2		1				
20.5.			2						
21.5.			1						
22.5.			2						
23.5.			8						
24.5.		1	4						
25.5.			2						
28.5.			6						
29.5.		2	4						
30.5.			9						
31.5.			1						
2.6.			5						
3.6.			1						
3.6.		2	7						
6.6.		2	1						
8.6.			6						
10.6.		1	2						
11.6.		2	1						
12.6.		2	1						
13.6.		3	2						
14.6.			2						
15.6.			2						
16.6.			3						
16.6.		2	5						
19.6.		2							
22.6.		1	1						
22.6.			5						
23.6.			3						
23.6.		1	1						
23.6.		2							
25.6.			1						
28.6.			3						
30.6.			2						
3.7.		2	1						
5.7.		3							
8.7.		2							
18.7.			2						
20.7.		2							
23.7.			1						
5.8.		3							
11.8.		1							
14.8.		1							
10.8.		3							

	Afghanurus	*Electrogena*	*Epeorus*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhithrogena*	*Rhithrogena*
	vicinus	*eatoni*	*bispinosus*	*martensi*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
18.8.		2							
24.8.		1	1						
26.8.		5							
27.8.		1							
28.8.		2	1						
29.8.		2	1						
30.8.		2	2						
31.8.		1							
1.9.		2							
2.9.			1						
14.9.		1	1						
12.9.			1						
16.9.			1						
20.9.		1	1						
21.9.			2						
22.9.			1						
25.9.			1						
26.9.			1						
28.9.			2						
3.10.		1							
9.10.			3						
10.10.		1							
14.10.			1						
18.10.		1							
23.10.		1							
22.10.		2	1						
30.10.			1						
31.10.		1							
1.11.		1				1			
2.11.			7						
3.11.			6						
4.11.		2							
5.11.			1						
6.11.			2						
7.11.			4						
13.11.			1						
15.11.			1						
16.11.			1						
21.11.			1						
22.11.			1						
Nishallahbach									
22.5.					3				
23.6.					1				
8.7.		1							
11.9.					1				
30.10.			1						
13.11.			1						
28.11.			1		1				
11.12.			1						

	Afghan.	*Elect.*	*Epeorus*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhith.*	*Rhith.*
	Vicinus	*eatoni*	*bisp.*	*mart.*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
Karol									
6.7.		15	15	6	4				
Kunoibach/Beas									
27.6.				25					
27.6.				45	1				
27.6.									
Kunoibach *									
9.6.				25	1				
12.6.			2	30	15			2	
13.6.				45				12	
13.6.				35					
14.6.				45					
14.6.									
14.6.				10					
14.6.				55					
14.6.									
16.6.					2			2	5
16.6.				60	15	5		15	
17.6.				45					
22.6.				35	3				
22.6.				25				4	
22.6.				25					
22.6.									
22.6.				25					
22.6.				25					
22.6.				25					
26.6.									1
26.6.				25	2				4
26.6.				25					
26.6.				45	4				
26.6.				35	2				
26.6.				25	2			3	
26.6.								1	
13.7.									
13.7.			1	1					
13.7.				45					
13.7.			1	1					
13.7.									
13.7.				35					
13.7.									
13.7.									
13.7.				45					
13.7.									
14.7.				45	5				
14.7.				5					
14.7.				45					
14.7.				5					
14.7.				25					
14.7.									
14.7.				15	7				
14.7.				25					
18.7.				35					
23.7.				15					
23.7.									
22.7.				35					

* Manche Teilproben enthielten nur Baetidenlarven

	Afghan.	*Elect.*	*Epeorus*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Iron*	*Rhith.*	*Rhith.*
	Vicinus	*eatoni*	*bisp.*	*mart.*	*psi*	*nigrip.*	*sinesp.*	*tiansh.*	*sp.1*
25.7.				45					
25.7.				5					
9.8.				35					
9.8.				45					
10.8.				15					
11.8.				25					
23.8.				45					
29.9.				10					
1.12.									
1.12.									
1.12.									2
1.12.									
1.12.									
1.12.									
Kunoibach Interstitial *									
15.7.									
9.7.				2					
9.7.									
9.7.									
9.7.									
8.7.		1							
8.7.									
Seitenbach Kunoi									
8.6.			2				3		
Kunoibach Surber-Sampler									
15.6.				1					
16.6.				5					
Kunoibach/Quelle									
10.7.				42					
11.7.				21					
11.7.				1					
11.7.									
11.7.									
11.7.									

* Manche Teilproben enthielten nur Baetidenlarven

	Afghanurus vicinus	*Electrogena eatoni*	*Epeorus bispinosus*	*Iron martensi*	*Iron psi*	*Iron nigripilosus*
Karol						
Mai	0	0	8	7	0	0
Kunoibach						
Mär	0	0	0	29	0	7
Apr	0	0	1	28	3	2
Mai	0	0	0	5	2	2
Jun	0	0	0	105	4	4
Jul	0	2	2	25	5	0
Okt	0	0	23	0	82	0
Nov	0	0	3	0	26	28
Naggarbach						
Apr	0	1	28	0	3	2
Jun	0	16	100	0	0	2
Juli	0	23	110	0	0	0
Okt	0	5	215	0	10	0
Nov	0	0	1	0	5	0
Dez	0	0	2	0	0	0
Nishallahbach						
Mär	0	0	3	6	1	7
Apr	0	2	5	10	1	1
Mai	0	3	13	0	0	0
Jun	0	2	15	8	3	1
Okt	0	0	124	0	3	3
Nov	0	0	4	0	14	23
Dez	0	0	8	0	0	3
Raogibach						
Okt	0	0	16	0	0	0

	Iron sinespinosus	*Rhithrogena tianshanica*	*Rhithrogena sp.1*
Karol			
Mai	0	0	0
Kunoibach			
Mär	0	7	0
Apr	0	6	0
Mai	0	0	0
Jun	0	8	0
Jul	0	0	0
Okt	0	38	0
Nov	0	26	0
Naggarbach			
Apr	0	0	0
Jun	0	0	0
Juli	0	0	0
Okt	0	0	0
Nov	0	0	0
Dez	0	0	0
Nishallahbach			
Mär	1	1	0
Apr	4	2	0
Mai	0	0	0
Jun	0	1	0
Okt	0	1	0
Nov	0	0	0
Dez	0	0	0
Raogibach			
Okt	0	0	0

	Afghanurus vicinus				***Electrogena eatoni***				***Epeorus bispinosus***			
	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	< 8mm	>8 mm	Schlupf-reif
Kunoibach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
S	0	0	0	0	49	20	20	9	13	8	5	0
O	0	0	0	0	4	0	0	4	7	2	2	3
N	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	1
D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Naggarbach												
J	0	0	0	0	2	1	1	0	8	5	3	0
F	0	0	0	0	5	3	2	0	25	20	5	0
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	0	0	0	0	4	3	1	0	75	40	25	10
M	0	0	0	0	12	5	5	2	70	35	10	25
J	0	0	0	0	30	7	8	15	206	120	50	36
J	0	0	0	0	23	5	5	13	196	160	33	3
A	0	0	0	0	1	0	0	1	260	245	10	5
S	0	0	0	0	15	7	8	0	43	13	19	11
O	0	0	0	0	2	1	0	1	33	13	11	9
N	0	0	0	0	2	1	1	0	27	18	5	4
D	0	0	0	0	4	3	1	0	35	30	5	0
Nishallahb.												
J	0	0	0	0	2	1	1	0	7	4	3	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0
M	0	0	0	0	4	2	2	0	17	4	4	9
J	8	2	3	3	10	3	3	4	23	7	10	6
J	30	1	3	26	20	6	8	6	67	50	15	2
A	0	0	0	0	0	0	0	0	60	55	3	2
S	0	0	0	0	0	0	0	0	85	55	15	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	5	18	15
N	0	0	0	0	1	1	0	0	19	5	4	10
D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Raogibach												

	Afghanurus vicinus				***Electrogena eatoni***				***Epeorus bispinosus***			
	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	< 8mm	>8 mm	Schlupf-reif
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	5	2	3	0	8	2	4	2	113	50	40	23
J	10	0	4	6	15	2	3	10	200	100	65	35
J	10	0	2	8	3	0	2	1	150	120	25	5
A	0	0	0	0	0	0	0	0	284	250	30	4
S	0	0	0	0	0	0	0	0	146	50	50	46
O	0	0	0	0	5	2	2	1	100	20	20	60
N	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7	8	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Solangbach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
S	0	0	0	0	225	100	110	15	0	0	0	0
O	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
N	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
D	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.

	Iron martensi				*Iron psi*				*Iron nigripilosus*			
	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-12 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-12 mm	Schlupf-reif
Kunoibach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	14	14	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0
M	125	60	55	5	0	0	0	0	0	0	0	0
J	89	28	26	35	0	0	0	0	0	0	0	0
J	15	6	6	3	8	2	3	3	5	1	2	2
A	135	80	50	5	0	0	0	0	105	80	13	12
S	14	1	1	12	2	1	1	0	12	2	8	2
O	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	4	3
N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naggarbach												
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	6	3	3	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Nishallahb.												
J	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0
M	11	6	5	0	10	4	0	6	2	0	1	1
J	13	3	4	6	7	2	2	3	4	0	2	2
J	0	0	0	0	4	1	1	2	17	9	5	3
A	15	6	7	2	9	6	3	0	46	40	6	0
S	7	0	4	3	6	1	2	3	60	20	30	10
0	0	0	0	0	4	1	1	2	5	0	2	3
N	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1
D	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1
Raogibach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	23	11	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	25	0	5	20	0	0	0	0
J	0	0	0	0	30	10	5	15	0	0	0	0

	Iron martensi				***Iron psi***				***Iron nigripilosus***			
	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-12 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-12 mm	Schlupf-reif
A	0	0	0	0	49	25	24	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	12	2	4	6	15	0	6	9
O	0	0	0	0	19	4	7	8	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solangbach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	125	50	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	138	50	85	3	3	0	2	1	8	3	5	0
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
S	50	n.g.	10	40	0	0	0	0	0	0	0	0
O	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
N	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
D	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.

	Iron sinespinosus				***Rhithrogena tianshanica***				***Rhithrogena sp.1***			
	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	<8 mm	>8 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif
Kunoibach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	0	0	0	0	7	2	2	3	2	0	2	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	16	20
J	1	0	1	0	5	0	3	2	0	0	0	0
J	0	0	0	0	3	0	1	2	3	1	2	0
A	6	4	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	3	0
O	0	0	0	0	5	2	3	0	8	4	4	0
N	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	8	8	0	0	3	3	0	0
Naggarbach												
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nishallahbach												
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	12	2	6	4	4	2	2	0
J	0	0	0	0	5	1	1	3	9	5	4	0
J	3	2	1	0	7	1	2	4	3	2	1	0
A	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	6	3	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raogibach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Iron sinespinosus				***Rhithrogena tianshanica***				***Rhithrogena sp.1***			
	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif	Total	<8 mm	>8 mm	Schlupf-reif	Total	5-7 mm	8-10 mm	Schlupf-reif
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solangbach												
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
F	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
M	160	70	90	0	75	0	60	15	0	0	0	0
J	133	8	60	65	38	0	20	18	0	0	0	0
J	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
A	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
S	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0
O	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
N	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.
D	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufttt.	W.-temp	Leitf.	Tages-	Mond-
	bispinosusi	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	längen	Phasen
22.06.96	5		5	7	0				14,01	
23.06.96	1		1	0	60					
24.06.96	1		1	1	20					
25.06.96			0	2	50					
26.06.96	2		2	2	0					
27.06.96			0	1	2					
28.06.96			0	2	2				14,01	
29.06.96	1	2	3	3	2					
30.06.96	1		1	2	40		15,1	210		
Juni	11	2	13	19	176		15,1	210	14,01	
01.07.96	3	1	4	5	0					Vollmond
02.07.96	1	1	2	4	0					
03.07.96			2	0	0					
04.07.96			0	2	0		16,5	220	13,57	
05.07.96			0	0	30					
06.07.96	1		1	3	0					
07.07.96			0	0	0					
08.07.96	1	1	2	4	0					
09.07.96	1	2	3	1	0					
10.07.96		1	1	1	0					
11.07.96		2	2	1	0					
12.07.96	2	2	4	6	10		17,0	216	13,52	
13.07.96	3	3	6	6	80					
14.07.96	4	3	7	6	0					
15.07.96	2	3	5	2	2					Neum.
16.07.96	4	1	5	3	0					
17.07.96	2	1	3	2	0					
18.07.96	2		2	4	2					
19.07.96	2	2	4	0	0		16,5	220		
20.07.96	1		1	3	0				13,41	
21.07.96		3	3	2	0					
22.07.96			0	1	0					
23.07.96		2	2	1	80					
24.07.96		5	5	1	2					
25.07.96	1	1	2	2	50					
26.07.96		2	2	12	0		16,4	207		
27.07.96	1	1	2	2	0					
28.07.96		2	2	0	0				13,38	
29.07.96	1	2	3	4	2					
30.07.96	1	2	3	3	10					Vollmond
31.07.96	1	2	3	4	2					
Juli	34	49	83	123	270		16,6	216	13,41	
01.08.96		1	1	4	0					
02.08.96		1	1	6	20		16,9	207		
03.08.96		1	1	9	10					
04.08.96			0	7	0					
05.08.96	2	4	6	7	20					
06.08.96		1	1	9	0					
07.08.96		1	1	5	0					
08.08.96		2	2	3	0					
09.08.96		3	3	2	0		17,0	214		
10.08.96	2	2	4	3	0					
11.08.96	1	1	2	4	0					
12.08.96	2		2	5	0					
13.08.96	1	3	4	10	0					
14.08.96		2	2	2	60					Neum.
15.08.96	2	3	5	5	20					
16.08.96			0	0	0		17,4	191		
17.08.96	3	5	8	6	50					
18.08.96	4	1	5	2	0					
19.08.96		1	1	4	2					
20.08.96	1	3	4	6	0					
21.08.96	1	1	2	2	80					
22.08.96		1	1	3	60					
23.08.96	1	1	2	8	10		15,9	172		
24.08.96			0	1	40					
25.08.96		3	3	3	0					
26.08.96		1	1	3	0					

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufttt.	W.-temp	Leitf.	Tages-	Mond-
	bispinosusi	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	längen	Phasen
27.08.96	2	1	3	0	0					
28.08.96			0	4	0					Vollmond
29.08.96			0	5	2					
30.08.96	4	2	6	6	0		16,7	180		
31.08.96	1		1	1	20					
August	27	45	72	135	394		16,8	193	13,05	
01.09.96	1	2	3	7	0					
02.09.96	1	1	2	7	20					
03.09.96			0	7	0					
04.09.96			0	0	0					
05.09.96	1	1	2	2	2					
06.09.96	1	1	3	1	0		17,9	182		
07.09.96			0	7	0					
08.09.96			0	3	2					
09.09.96	2	1	3	3	60					
10.09.96			0	5	80					
11.09.96	1		1	5	0					
12.09.96	1		1	4	0					
13.09.96		1	1	3	0		16,0	216		Neum.
14.09.96	2		2	5	0					
15.09.96	1		1	8	0					
16.09.96	3		3	12	0					
17.09.96	3		3	10	0					
18.09.96	2		2	7	0					
19.09.96	2		2	10	0					
20.09.96	1		2	0	0		15,9	188		
21.09.96	6	3	9	15	0					
22.09.96	5		5	7	0					
23.09.96	3		3	3	0					
24.09.96	3		3	8	0					
25.09.96	8	1	9	2	0					
26.09.96	4		4	8	0					
27.09.96	2	4	6	8	0		14,3	199		Vollmond
28.09.96	3	2	5	6	0					
29.09.96	4		4	4	0					
30.09.96	3		3	6	0					
Sep	63	17	81	163	164		16,0	196	12,15	
01.10.96	4		4	1	0					
02.10.96	4		4	7	0					
03.10.96		1	2	6	0					
04.10.96	3		3	5	0		12,7	201		
05.10.96		1	1	2	0					
06.10.96	5	1	6	7	0					
07.10.96	2		2	3	0					
08.10.96			0	0	0					
09.10.96	2	1	3	3	0					
10.10.96	1		1	5	0					
11.10.96	2		2	4	0		13,6	205		
12.10.96	3		3	6	0		13,4	208		Neum.
13.10.96	5		5	6	0					
14.10.96	7	1	8	8	0					
15.10.96	5		5	16	0		12,1	205		
16.10.96	4		4	3	0					
17.10.96	5		5	11	0		12,9	206		
18.10.96	2		2	12	0					
19.10.96	6		8	23	0		12,3	208		
20.10.96	3		3	4	0					
21.10.96	7	1	8	11	30					
22.10.96			0	8	0					
23.10.96	7		7	9	0					
24.10.96	1		1	13	0		11,0	209		
25.10.96	8		8	9	0		11,3	209		
26.10.96	1		1	12	0					Vollmond
27.10.96	5		5	9	0					
28.10.96	6		6	16	0					
29.10.96	4		4	8	0		11,9	209		
30.10.96	4		4	3	0		11,0	212		
31.10.96	13		13	10	0					

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufttt.	W.-temp	Leitf.	Tages-	Mond-
	bispinosusi	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	längen	Phasen
Okt	119	6	125	209	30		12,2	207	11,18	
01.11.96	4		5	0	0					
02.11.96	9	1	10	4	0					
03.11.96	4		4	2	0					
04.11.96	6		6	1	0		11,0	212		
05.11.96	3		3	0	0					
06.11.96	3	1	4	6	0					
07.11.96	2		2	1	0					
08.11.96	1		1	2	0					
09.11.96	4		4	4	0					
10.11.96	2		2	3	0					
11.11.96	1		1	1	0		9,9	214		Neum.
12.11.96	1		1	0	0					
13.11.96	3		3	4	0					
14.11.96	5		5	5	0					
15.11.96	2		2	3	0		9,0	214		
16.11.96	1		1	0	0					
17.11.96			0	1	0					
18.11.96	1		1	3	0		10,6	216		
19.11.96			2	2	0		10,8	216		
20.11.96	2		2	0	0					
21.11.96			0	6	0					
22.11.96			0	0	0		8,8	214		
23.11.96	2		2	0	0		10,0	217		
24.11.96	2		2	5	0		9,3	218		
25.11.96	1		1	0	0					Vollmond
26.11.96	1		1	0	0					
27.11.96	1		1	2	0					
28.11.96	1		1	2	0					
29.11.96			0	0	0					
30.11.96			0	0	0					
Nov	62	2	65	57	0		9,9	215	10,25	
01.12.96			0	1	0					
02.12.96			0	1	0					
03.12.96			0	6	0					
04.12.96	1		1	0	0					
05.12.96	1		1	4	0		8,4	211		
06.12.96			0	0	0					
07.12.96	1		1	1	0					
08.12.96			0	0	0					
09.12.96			0	1	0					
10.12.96			0	1	0					Neum.
11.12.96			0	0	0					
12.12.96			0	0	0					
13.12.96			0	1	0					
14.12.96			0	0	0					
15.12.96			0	1	0					
16.12.96			0	0	0					
17.12.96			0	1	0					
18.12.96			0	0	0					
19.12.96			0	0	0					
20.12.96			0	4	0					
21.12.96			0	1	0					
22.12.96			0	0	0					
23.12.96			0	0	0					
24.12.96			0	0	0					Vollmond
25.12.96			0	0	10					
26.12.96			0	0	0					
27.12.96			0	0	0					
28.12.96			0	0	0					
29.12.96			0	0	0					
30.12.96			0	0	0					
31.12.96			0	2	10					
Dez	3		3	25	20		8,4	211	10,04	

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
01.01.97			0	0	0				10,05	
02.01.97			0	1	0					
03.01.97			0	0	0					
04.01.97			0	0	0					
05.01.97			0	1	0					
06.01.97			0	2	0					
07.01.97			0	0	0					
08.01.97			0	1	0					
09.01.97			0	0	0				10,09	Neumond
10.01.97			0	0	0		6,7			
11.01.97			0	0	0					
12.01.97			0	0	0					
13.01.97			0	0	0					
14.01.97			0	0	0					
15.01.97			0	0	0					
16.01.97			0	0	0				10,15	
17.01.97			0	0	0					
18.01.97			0	0	0					
19.01.97			0	0	40		5,2	185		
20.01.97			0	4	20					
21.01.97			0	0	20					
22.01.97			0	0	0					
23.01.97			0	1	0				10,24	Vollmond
24.01.97			0	0	0		4,7			
25.01.97			0	0	0					
26.01.97			0	0	0					
27.01.97			0	0	0					
28.01.97			0	0	0					
29.01.97			0	0	0					
30.01.97			0	0	0					
31.01.97			0	0	0				10,33	
Jan			0	11	80		5,5	185	10,15	
01.02.97			0	0	0		5,2	217		
02.02.97			0	0	20					
03.02.97			0	0	20					
04.02.97			0	1	0					
05.02.97			0	0	0					
06.02.97			0	1	0					
07.02.97			0	0	0				10,44	Neumond
08.02.97			0	0	2					
09.02.97			0	0	10					
10.02.97			0	0	20					
11.02.97			0	0	0					
12.02.97			0	0	0					
13.02.97			0	0	0					
14.02.97			0	0	0					
15.02.97			0	0	0				10,57	
16.02.97			0	0	0					
17.02.97			0	0	0					
18.02.97			0	0	0					
19.02.97			0	1	0					
20.02.97			0	1	0					
21.02.97			0	2	0					
22.02.97			0	1	0				11,09	Vollmond
23.02.97			0	0	0					
24.02.97			0	0	0					
25.02.97			0	0	10					
26.02.97			0	0	60					
27.02.97			0	1	0					
28.02.97			0	0	0					
Feb			0	7	142		5,2	217	10,57	
01.03.97			0	0	0				11,22	

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufttt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
02.03.97			0	0	2					
03.03.97			0	0	0					
04.03.97			0	0	0					
05.03.97			0	0	0					
06.03.97			0	1	0					
07.03.97			0	0	0					
08.03.97			0	1	0				11,35	Neumond
09.03.97			0	1	0					
10.03.97			0	0	0					
11.03.97			0	0	0					
12.03.97			0	2	0					
13.03.97			0	1	0					
14.03.97			0	1	0					
15.03.97			0	1	2					
16.03.97			0	0	70				11,53	
17.03.97			0	1	0					
18.03.97			0	0	0					
19.03.97			0	0	50					
20.03.97			0	1	0					
21.03.97			0	0	0					
22.03.97			0	2	0					
23.03.97			0	0	0					
24.03.97			0	0	0				12,03	Vollmond
25.03.97			0	1	0					
26.03.97			0	0	0					
27.03.97			0	0	0					
28.03.97			0	0	0					
29.03.97			0	1	110					
30.03.97			0	0	0					
31.03.97			0	1	0				12,19	
Mär			0	15	234				11,53	
01.04.97			0	1	30					
02.04.97			0	0	0					
03.04.97			0	0	0					
04.04.97			0	0	40					
05.04.97			0	0	0					
06.04.97			0	0	0					
07.04.97		1	1	0	0				12,32	Neumond
08.04.97			0	0	0					
09.04.97			0	0	0					
10.04.97			0	0	0					
11.04.97			0	0	0					
12.04.97		2	3	2	0					
13.04.97			0	3	0					
14.04.97			0	1	0					
15.04.97			0	0	0				12,47	
16.04.97			0	1	60					
17.04.97			0	1	30					
18.04.97			0	0	0			178		
19.04.97			0	0	0					
20.04.97			0	0	0					
21.04.97		1	1	1	0					
22.04.97			0	1	0				13,00	Vollmond
23.04.97		1	1	2	0					
24.04.97		2	2	7	0			195		
25.04.97		2	2	4	0			197		
26.04.97		2	4	4	0					
27.04.97			0	5	0					
28.04.97		1	1	1	2					
29.04.97			1	5	2					
30.04.97		1	1	20	0				13,13	
Apr		13	17	39	164		14,1	190	12,47	

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
01.05.97			0	1	0					
02.05.97		3	3	9	2					
03.05.97		1	1	4	0					
04.05.97		1	1	4	0					
05.05.97		2	4	7	0					
06.05.97	1		1	3	0				13,23	Neumond
07.05.97			0	10	2					
08.05.97		1	1	12	70					
09.05.97		1	1	7	2					
10.05.97		8	13	6	0			186		
11.05.97		2	2	5	0					
12.05.97		6	6	3	0					
13.05.97		1	1	9	0					
14.05.97		4	4	7	2				13,36	
15.05.97		2	2	7	2					
16.05.97		3	3	7	0	20,8	14,9			
17.05.97	1	4	4	10	0	17,8	14,4			
18.05.97		5	6	11	0	17,8	13,0			
19.05.97		3	4	5	0	20,4	14,4			
20.05.97		5	5	14	0	22,4	14,9			
21.05.97		1	1	10	0	20,4	14,7			
22.05.97		3	3	8	0	24,5	15,5		13,43	Vollmond
23.05.97		10	10	18	0	19,2	15,6			
24.05.97	1	7	8	11	0	19,6	13,7			
25.05.97		5	6	14	0	22,6	15,6			
26.05.97		7	7	17	0	18,5	13,9			
27.05.97		2	2	3	0	20,2	15,9			
28.05.97		9	10	18	0	20,8	15,3			
29.05.97	3	8	11	18	0	18,3	14,1			
30.05.97		14	14	27	0	12,7	12,3	205	13,50	
31.05.97		4	4	17	10	15,1	12,9			
Mai	6	122	139	302	90	19,4	14,4	196	13,36	
01.06.97		9	9	9	0	18,0	14,4			
02.06.97		8	8	6	0	17,7	14,1			
03.06.97	2	13	15	20	5	17,3	14,1			
04.06.97		4	4	18	0	19,9	15,5			
05.06.97	1		1	12	0	20,8	16,4		13,57	Neumond
06.06.97	2	8	10	8	25	20,3	15,5			
07.06.97	1	7	8	7	15	18,4	14,7			
08.06.97	1	7	8	9	0	16,0	21,5	205		
09.06.97		2	2	16	0	17,7	14,7			
10.06.97	2	8	10	17	0	21,0	16,2			
11.06.97	2	5	7	19	0	23,4	17,0			
12.06.97	3	3	6	18	0	17,7	14,2			
13.06.97	3	4	7	11	0	23,7	16,9		14,00	
14.06.97	1	5	6	14	0	24,9	17,3			
15.06.97	2	7	9	15	0	25,5	17,9			
16.06.97	3	11	14	17	0	22,4	17,0			
17.06.97	2	5	7	1	0	26,0	17,6			
18.06.97	2	9	11	8	0	23,5	17,5			
19.06.97	4	6	10	2	0	25,0	17,6			
20.06.97	3	6	9	6	0	19,8	15,7		14,01	Vollmond
21.06.97	1	1	2	3	15	24,6	18,2		14,01	
22.06.97	3	7	10	11	0	23,0	17,7			
23.06.97	5	7	12	6	0	27,4	18,8	216		
24.06.97	2	2	4	10	0	23,5	18,5			
25.06.97	2	5	7	16	0	24,8	18,5			
26.06.97	1	3	4	5	0	21,5	16,5			
27.06.97	1	1	2	8	0	22,7	16,8			
28.06.97	3	5	8	8	0	23,0	17,5		14,01	
29.06.97	1	1	2	3	0	20,8	15,9			
30.06.97		3	3	6	0	25,4	17,8			

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
Jun	**53**	**162**	**215**	**309**	**60**	**21,9**	**16,7**	**211**	**14,00**	
01.07.97			0	4	0	26,5	17,8			
02.07.97			0	7	0	26,9	18,4			
03.07.97	2	1	3	5	0	28,0	18,9			
04.07.97			0	6	0	28,1	19,1		13,57	Neumond
05.07.97	4	1	5	0	0	27,7	19,5			
06.07.97			0	8	0	28,5	19,0			
07.07.97			0	5	0	25,8	18,7			
08.07.97	2		2	0	25	25,5	19,1			
09.07.97	1		1	0	10	24,1	18,8	215		
10.07.97			0	2	105	20,8	18,3			
11.07.97			0	0	10	20,3	17,2			
12.07.97			0	0	25	23,7	18,8	208	13,52	
13.07.97			0	0	0	24,8	19,0			
14.07.97			0	0	35	21,9	18,4	204		
15.07.97			0	0	0	23,8	18,9			
16.07.97			0	0	0	24,7	19,0	201		
17.07.97			0	5	0	26,2	20,5	209		
18.07.97	1	2	3	0	0	27,4	21,1	208		
19.07.97			0	4	0	26,0	20,0	211		
20.07.97	2		2	2	0	27,4	20,0	212	13,41	Vollmond
21.07.97		1	1	1	0	24,7	19,2	212		
22.07.97			0	1	30	22,2	17,8	208		
23.07.97		1	1	0	15	25,7	19,3	208		
24.07.97			0	0	35	24,4	19,2			
25.07.97			0	0	15	26,5	18,3	200		
26.07.97	1		1	0	0	25,0	19,0	205		
27.07.97			0	0	5	27,0	20,0	209		
28.07.97			0	0	0	22,0	17,4	209	13,38	
29.07.97			0	0	0	19,9	17,2	207		
30.07.97			0	0	15	22,0	17,4	208		
31.07.97			0	0	0	22,1	17,8	195		
Jul	**13**	**6**	**19**	**50**	**325**	**24,8**	**18,9**	**207**	**13,41**	
01.08.97			0	0	10	18,3	16,4	188		
02.08.97	1		1	0	20	16,9	16,6			
03.08.97			0	0	20	17,7	15,6		13,30	Neumond
04.08.97			0	0	20	22,6	17,4			
05.08.97	3		3	1	0	23,8	17,9	157		
06.08.97			0	0	0	23,8	17,6	160		
07.08.97	1		1	2	0	25,8	19,2	164		
08.08.97			0	0	0	24,7	18,6			
09.08.97	1		1	0	0	24,4	18,0			
10.08.97	3		3	2	0	25,4	19,0	169		
11.08.97	1		1	2	0	22,3	17,2	174	13,17	
12.08.97		1	1	3	10	19,2	16,7			
13.08.97	1	1	2	5	35	21,6	17,5			
14.08.97	2		2	0	0	22,5	17,1	165		
15.08.97			0	0	0	24,5	17,9			
16.08.97			0	1	0	23,1	17,6			
17.08.97			0	0	0	25,2	18,3			
18.08.97	2		2	0	0	25,0	18,6	176	13,05	Vollmond
19.08.97			0	0	0	25,3	18,4			
20.08.97	1		1	0	0	25,2	19,0			
21.08.97			0	0	0	25,7	19,0			
22.08.97	2		2	0	0	23,2	17,7	185		
23.08.97			0	0	0	22,7	17,7			
24.08.97	2	2	4	0	0	21,4	16,9	191		
25.08.97		1	1	1	25	20,0	16,1	191		
26.08.97	2		2	0	10	18,4	15,8	190	12,52	
27.08.97	1		1	0	15	17,4	15,2	124		
28.08.97	2	2	4	4	80	17,9	16,1			
29.08.97	2	2	4	11	125	18,5	15,8	149		

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufttt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
30.08.97	4	4	8	10	2	21,5	16,9	164		
31.08.97	2	1	3	0	0	22,2	16,7	166		
Aug	33	14	47	42	372	22,1	17,3	169	13,05	
01.09.97	2		2	6	0	22,7	16,8	195	12,42	Neumond
02.09.97	1	1	2	6	30	20,4	16,2	157		
03.09.97		3	3	10	10	21,7	16,5	162		
04.09.97		1	1	4	0	24,7	17,5	164		
05.09.97		2	2	4	0	23,6	17,3	165		
06.09.97		3	3	3	0	22,8	16,8			
07.09.97			0	0	10	22,2	17,1	169		
08.09.97		1	1	3	25	23,9	17,6	172		
09.09.97		1	1	3	1	23,3	17,1		12,38	
10.09.97			0	4	0	19,0	15,6	178		
11.09.97			0	2	0	22,6	16,9	176		
12.09.97		1	1	5	0	24,4	17,3			
13.09.97			0	0	15	22,9	16,5			
14.09.97	1	2	3	3	0	23,5	16,7	182		Mond-
15.09.97		1	1	1	0	22,8	16,7	185		finsternis
16.09.97		1	1	0	0	23,1	17,0	186	12,15	Vollmond
17.09.97			0	7	0	23,0	16,9	188		
18.09.97		1	1	2	0	23,7	16,7	189		
19.09.97			0	4	0	23,4	16,7	189		
20.09.97	1	1	2	5	0	21,1	16,7	192		
21.09.97		2	2	2	0	20,4	15,0	191		
22.09.97		2	2	3	0	18,8	15,4	153		
23.09.97		2	2	6	0	20,8	15,2	194		
24.09.97			0	5	0	21,5	15,4	196	11,59	
25.09.97	1	1	2	3	0	22,5	15,8	196		
26.09.97	1	1	2	3	0	22,6	15,5	196		
27.09.97		1	1	1	0	15,0	14,4			
28.09.97		2	2	7	0	14,5	13,5	198		
29.09.97			0	5	0	13,6	13,1	199		
30.09.97		2	2	3	5	14,5	12,9	196		
Sep	7	32	39	110	96	21,3	16,1	190	12,15	
01.10.97			0	1	0	16,2	13,5		11,46	Neumond
02.10.97			0	11	0	17,0	13,6	199		
03.10.97	1		1	8	0	14,6	13,3	197		
04.10.97	1	2	3	4	10	16,2	13,5	200		
05.10.97			0	2	0	14,9	13,2	199		
06.10.97	1		1	5	0	15,5	13,0	199		
07.10.97	1		1	0	0	16,9	13,5	200		
08.10.97			0	1	0	15,2	13,3	200		
09.10.97	2	3	5	8	0	16,2	13,0	202	11,30	
10.10.97	1		1	1	0	14,7	12,6	202		
11.10.97			0	5	0	15,4	12,8	202		
12.10.97			0	3	0	16,6	12,2	202		
13.10.97		1	1	5	0	17,0	12,3	202		
14.10.97	1	1	2	5	0	15,3	12,1	203		
15.10.97	1	1	2	4	0	17,1	11,9	204		
16.10.97			0	0	0	19,6	12,2	203	11,18	Vollmond
17.10.97	1	1	2	5	0	15,7	12,8	205		
18.10.97	2	2	4	9	0	15,0	12,5			
19.10.97	1	1	2	4	0	15,2	12,2	204		
20.10.97	1		1	10	0	14,1	12,4	204		
21.10.97	1	1	2	4	5	15,1	12,1	204		
22.10.97	2	2	4	3	10	14,5	11,6	205		
23.10.97	2	2	4	12	0	12,4	11,5	205		
24.10.97		3	3	3	0	17,2	11,4	205	11,04	
25.10.97	1		1	6	0	17,4	11,8			
26.10.97	1	1	2	2	0	13,7	12,0			
27.10.97			0	13	15	15,0	12,1	206		
28.10.97	1		1	15	15	13,9	11,7	205		

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
29.10.97	2		2	2	15	13,5	11,5	205		
30.10.97		1	1	2	5	15,1	11,3	206		
31.10.97	1	1	2	2	0	12,9	11,1	208	10,52	Neumond
Okt	25	23	48	155	75	15,5	12,4	203	11,18	
01.11.97	1	2	3	2	0	13,8	10,1	208		
02.11.97		7	7	2	0	14,2	10,2	209		
03.11.97		9	9	0	0	15,1	10,2	210		
04.11.97	2		2	6	0	16,2	10,8	210		
05.11.97		4	4	0	0	14,8	10,6	210		
06.11.97		2	2	5	0	14,2	10,9	210		
07.11.97		6	6	3	0	14,9	11,0	210	10,40	
08.11.97		4	4	0	0	14,7	11,3	5679		
09.11.97		1	1	0	20	3,3	6,4	194		
10.11.97			0	0	180	6,0	7,5	162		
11.11.97			0	0	15	11,8	8,6	194		
12.11.97			0	0	0	11,7	8,6	199		
13.11.97		1	1	0	0	10,1	8,3	202		
14.11.97			0	0	0	10,4	9,3	204	10,30	Vollmond
15.11.97		1	1	0	0	10,2	8,5	205		
16.11.97		1	1	1	0	12,5	10,1	208		
17.11.97		1	1	2	0	12,8	10,2	208		
18.11.97		1	1	2	0	12,2	10,2	208		
19.11.97			0	0	5	10,1	9,6			
20.11.97			0	0	0	10,2	9,0	208		
21.11.97		1	1	0	0	10,9	9,0	209		
22.11.97		1	1	0	0	13,2	9,4	210	10,20	
23.11.97			0	0	0	10,1	8,9	205		
24.11.97			0	1	10	11,6	9,1	209		
25.11.97			0	0	10	5,7	6,7			
26.11.97			0	0	140	8,6	8,3	160		
27.11.97			0	0	40	9,4	8,4	176		
28.11.97		1	1	0	0	10,8	9,4	187		
29.11.97			0	0	0	11,2	9,6	191		
30.11.97			0	0	0	10,1	9,0	194	10,12	Neumond
Nov	3	43	43	24	420	11,4	9,3	200	10,25	
01.12.97			0	0	50	8,3	6,7			
02.12.97			0	0	0	8,4	8,1			
03.12.97			0	0	0	6,2	7,1			
04.12.97			0	0	5	11,0	8,7	183		
05.12.97			0	0	0	9,4	7,6			
06.12.97			0	0	0	10,4	8,4			
07.12.97			0	0	0	10,0	8,6		10,08	
08.12.97			0	0	0	11,0	9,0			
09.12.97			0	0	45	6,1	7,6			
10.12.97			0	0	55	9,5	8,3			
11.12.97			0	0	0	10,2	9,0	171		
12.12.97			0	0	0	10,7	9,4			
13.12.97			0	0	0	10,1	9,4			
14.12.97			0	0	15	8,2	8,1		10,03	Vollmond
15.12.97			0	0	0	9,5	8,2			
16.12.97			0	0	0	11,7	9,0			
17.12.97			0	0	0	9,7	7,5			
18.12.97			0	0	0	7,8	7,0			
19.12.97			0	1	0	9,0	7,3	186		
20.12.97			0	0	0	8,6	7,0			
21.12.97			0	0	0	9,0	7,3			
22.12.97			0	0	0	10,6	8,1		10,00	
23.12.97			0	2	0	11,2	8,2			
24.12.97			0	0	0	7,8	7,3	188		
25.12.97			0	1	0	8,5	6,9			
26.12.97			0	0	0	9,0	7,5	190		
27.12.97			0	0	0	9,9	7,5			

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Electrogena*	*Epeorus*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	eatoni	*bispinosus*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
28.12.97			0	0	0	10,4	8,1			
29.12.97			0	0	0	6,2	7,1		10,02	Neumond
30.12.97			0	0	12	5,1	5,8			
31.12.97			0	0	0	4,5	5,2			
Dez			0	4	182	9,0	7,8	184	10,04	

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufttt.	W.-temp	Leitf.	Tages-	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	längen	Phasen
10.07.96					0					
11.07.96					0					
12.07.96			0	9	10		18,1	114		
13.07.96					80					
14.07.96					0					
15.07.96					2					Neumond
16.07.96					0					
17.07.96					0					
18.07.96					2					
19.07.96			0	3	0		20,7	128		
20.07.96					0					
21.07.96					0					
22.07.96					0					
23.07.96					80					
24.07.96					2					
25.07.96					50					
26.07.96			0	6	0		19,6	114		
27.07.96					0					
28.07.96					0					
29.07.96					2					
30.07.96					10					Vollmond
31.07.96					2					
Jul			0	18	240		18,3	116	13,41	
01.08.96					0					
02.08.96			0	11	20		16,7	103		
03.08.96					10					
04.08.96					0					
05.08.96					20					
06.08.96					0					
07.08.96					0					
08.08.96					0					
09.08.96			0	6	0		16,7	115		
10.08.96					0					
11.08.96					0					
12.08.96					0					
13.08.96					0					
14.08.96					60					Neumond
15.08.96					20					
16.08.96	1		1	15	0		16,0	87		
17.08.96					50					
18.08.96					0					
19.08.96					2					
20.08.96					0					
21.08.96					80					
22.08.96					60					
23.08.96			0	1	10		14,7	102		
24.08.96					40					
25.08.96					0					
26.08.96					0					
27.08.96					0					
28.08.96					0					Vollmond
29.08.96					2					
30.08.96			0	3	0		15,5	120		
31.08.96					20					
Aug			0	36	394		15,9	105	13,05	
01.09.96					0					
02.09.96					20					
03.09.96			0	0	0		15,5	120		
04.09.96					0					
05.09.96					2					
06.09.96			0	1	0		17,4	123		
07.09.96					0					

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tages-	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	längen	Phasen
08.09.96					2					
09.09.96					60					
10.09.96					80					
11.09.96					0					
12.09.96					0					
13.09.96			0	4	0		13,6	113		Neumond
14.09.96					0					
15.09.96					0					
16.09.96					0					
17.09.96					0					
18.09.96					0					
19.09.96					0					
20.09.96	1	1	3	3	0		14,7	127		
21.09.96					0					
22.09.96					0					
23.09.96					0					
24.09.96					0					
25.09.96					0					
26.09.96					0					
27.09.96	2		3	3	0		13,2	134		Vollmond
28.09.96					0					
29.09.96					0					
30.09.96					0					
Sep	3	1	6	11	164		14,9	123	12,15	
01.10.96					0					
02.10.96					0					
03.10.96					0					
04.10.96	1		1	7	0		11,3	132		
05.10.96					0					
06.10.96					0					
07.10.96					0					
08.10.96					0					
09.10.96					0					
10.10.96	1		1	5	0		14,0	137		
11.10.96					0					
12.10.96					0					Neumond
13.10.96					0					
14.10.96					0					
15.10.96					0					
16.10.96					0					
17.10.96					0					
18.10.96	1	2	3	9	0		11,4	141		
19.10.96					0					
20.10.96					0					
21.10.96					30					
22.10.96					0					
23.10.96					0					
24.10.96	1		3	16	0		10,1	143		
25.10.96					0					
26.10.96					0					Vollmond
27.10.96					0					
28.10.96					0					
29.10.96					0					
30.10.96					0					
31.10.96	12		13	4	0		10,9	155		
Okt	16		18	39	30		11,5	142	11,18	
01.11.96					0					
02.11.96					0					
03.11.96					0					
04.11.96					0					
05.11.96					0					
06.11.96					0					

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tages-	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	längen	Phasen
07.11.96	9		11	3	0		8,4	148		
08.11.96					0					
09.11.96					0					
10.11.96					0					
11.11.96					0					Neumond
12.11.96					0					
13.11.96					0					
14.11.96					0					
15.11.96	6		7	7	0		7,1	155		
16.11.96					0					
17.11.96					0					
18.11.96					0					
19.11.96					0					
20.11.96					0					
21.11.96					0					
22.11.96					0					
23.11.96	1		2	5	0		8,3	150		
24.11.96					0					
25.11.96					0					Vollmond
26.11.96					0					
27.11.96					0					
28.11.96					0					
29.11.96					0					
30.11.96					0					
Nov	16		20	17	0		7,9	151	10,25	
01.12.96					0					
02.12.96					0					
03.12.96					0					
04.12.96					0					
05.12.96	1		1	2	0		5,8	153		
06.12.96					0					
07.12.96					0					
08.12.96					0					
09.12.96					0					
10.12.96					0					Neumond
11.12.96					0					
12.12.96			0	0	0		4,8	156		
13.12.96					0					
14.12.96					0					
15.12.96					0					
16.12.96					0					
17.12.96					0					
18.12.96					0					
19.12.96					0					
20.12.96			0	0	0		4,6	157		
21.12.96					0					
22.12.96					0					
23.12.96					0					
24.12.96					0					Vollmond
25.12.96					10					
26.12.96			0	0	0		7,1	156		
27.12.96					0					
28.12.96					0					
29.12.96					0					
30.12.96					0					
31.12.96					10					
Dez	1		1	2	20		5,6	155	10,04	

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni, Epeorus bispinosus, Iron psi , Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
01.01.97									10,05	
02.01.97			0	0	0		5,1	156		
03.01.97					0					
04.01.97					0					
05.01.97					0					
06.01.97					0					
07.01.97					0					
08.01.97					0					
09.01.97			0	0	0		3,8	159	10,09	Neumond
10.01.97					0					
11.01.97					0					
12.01.97					0					
13.01.97					0					
14.01.97					0					
15.01.97					0					
16.01.97			0	0	0		5,1	159	10,15	
17.01.97					0					
18.01.97					0					
19.01.97					40					
20.01.97					20					
21.01.97					20					
22.01.97					0					
23.01.97			0	0	0		4,1	156	10,24	Vollmond
24.01.97					0					
25.01.97					0					
26.01.97					0					
27.01.97					0					
28.01.97					0					
29.01.97					0					
30.01.97			0	0	0		5,6	157		
31.01.97					0				10,33	
Jan			0	0	80		4,8	157	10,15	
01.02.97					0					
02.02.97					20					
03.02.97					20					
04.02.97					0					
05.02.97					0					
06.02.97			0	0	0		5,3	159		
07.02.97					0				10,44	Neumond
08.02.97					2					
09.02.97					10					
10.02.97					20					
11.02.97					0					
12.02.97					0					
13.02.97			0	0	0		6,8	157		
14.02.97					0					
15.02.97					0				10,57	
16.02.97					0					
17.02.97					0					
18.02.97					0					
19.02.97					0					
20.02.97			0	1	0		7,4	157		
21.02.97					0					
22.02.97					0				11,09	Vollmond
23.02.97					0					
24.02.97					0					
25.02.97					10					
26.02.97					60					
27.02.97			0	3	0		8,3	157		
28.02.97					0					
Feb			0	4	142		7,0	157	10,57	
01.03.97					0				11,22	
02.03.97					2					

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
03.03.97					0					
04.03.97					0					
05.03.97					0					
06.03.97			0	0	0		8,7	145		
07.03.97					0					
08.03.97					0				11,35	Neumond
09.03.97					0					
10.03.97					0					
11.03.97					0					
12.03.97					0					
13.03.97			0	0	0		9,4	148		
14.03.97					0					
15.03.97					2					
16.03.97					70				11,53	
17.03.97					0					
18.03.97					0					
19.03.97					50					
20.03.97	1		1	3	0		10,1	142		
21.03.97					0					
22.03.97					0					
23.03.97					0					
24.03.97					0				12,03	Vollmond
25.03.97					0					
26.03.97					0					
27.03.97			0	1	0		8,9	122		
28.03.97					0					
29.03.97					110					
30.03.97					0					
31.03.97					0				12,19	
Mär	1		1	4	234		9,3	140	11,53	
01.04.97					30					
02.04.97					0					
03.04.97			0	12	0		7,4	125		
04.04.97					40					
05.04.97					0					
06.04.97					0					
07.04.97					0				12,32	Neumond
08.04.97					0					
09.04.97					0					
10.04.97			0	4	0		10,6	131		
11.04.97					0					
12.04.97					0					
13.04.97					0					
14.04.97					0					
15.04.97					0				12,47	
16.04.97					60					
17.04.97	4		5	1	30		12,3	117		
18.04.97					0					
19.04.97					0					
20.04.97					0					
21.04.97					0					
22.04.97					0				13,00	Vollmond
23.04.97					0					
24.04.97			0	2	0		13,4	103		
25.04.97					0					
26.04.97					0					
27.04.97					0					
28.04.97					2					
29.04.97					2					
30.04.97					0				13,13	
Apr	4		5	19	164		10,9	119	12,47	
01.05.97			0	1	0		13,8	101		
02.05.97					2					

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Luftt.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
03.05.97					0					
04.05.97					0					
05.05.97					0					
06.05.97					0				13,23	Neumond
07.05.97					2					
08.05.97	1		1	0	70		10,5	76		
09.05.97					2					
10.05.97					0					
11.05.97					0					
12.05.97					0					
13.05.97					0					
14.05.97					2				13,36	
15.05.97			0	2	2		13,8	100		
16.05.97					0	20,8				
17.05.97					0	17,8				
18.05.97					0	17,8	13,4	92		
19.05.97					0	20,4				
20.05.97					0	22,4				
21.05.97					0	20,4				
22.05.97			0	7	0	24,5	12,9	95	13,43	Vollmond
23.05.97					0	19,2				
24.05.97					0	19,6				
25.05.97					0	22,6				
26.05.97					0	18,5				
27.05.97					0	20,2				
28.05.97					0	20,8				
29.05.97			0	13	0	18,3				
30.05.97					0	12,7			13,50	
31.05.97					10	15,1				
Mai	1		1	23	90	19,4	12,7	93	13,36	
01.06.97					0	18,0				
02.06.97					0	17,7				
03.06.97					5	17,3				
04.06.97					0	19,9				
05.06.97			0	10	0	20,8	14,7	89	13,57	Neumond
06.06.97					25	20,3				
07.06.97					15	18,4				
08.06.97					0	16,0				
09.06.97					0	17,7				
10.06.97					0	21,0				
11.06.97					0	23,4				
12.06.97			0	6	0	17,7	13,1	95		
13.06.97					0	23,7			14,00	
14.06.97					0	24,9				
15.06.97					0	25,5				
16.06.97					0	22,4				
17.06.97					0	26,0				
18.06.97			4	10	0	23,5	16,5	108		
19.06.97					0	25,0				
20.06.97					0	19,8			14,01	Vollmond
21.06.97					15	24,6			14,01	
22.06.97					0	23,0				
23.06.97					0	27,4				
24.06.97					0	23,5				
25.06.97					0	24,8				
26.06.97		1	8	0	0	21,5	17,7	119		
27.06.97					0	22,7				
28.06.97					0	23,0			14,01	
29.06.97					0	20,8				
30.06.97					0	25,4				
Jun		1			60	21,9	15,5	103	14,00	
01.07.97					0	26,5				
02.07.97					0	26,9				

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufft.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
03.07.97			13	23	0	28,0	18,7	123		
04.07.97					0	28,1			13,57	Neumond
05.07.97					0	27,7				
06.07.97					0	28,5				
07.07.97					0	25,8				
08.07.97					25	25,5				
09.07.97					10	24,1				
10.07.97			3	10	105	20,8				
11.07.97					10	20,3				
12.07.97					25	23,7			13,52	
13.07.97					0	24,8				
14.07.97					35	21,9				
15.07.97					0	23,8				
16.07.97					0	24,7				
17.07.97					0	26,2				
18.07.97			4	0	0	27,4	22,7	122		
19.07.97					0	26,0				
20.07.97					0	27,4			13,41	Vollmond
21.07.97					0	24,7				
22.07.97					30	22,2				
23.07.97					15	25,7				
24.07.97			0	0	35	24,4	17,3	86		
25.07.97					15	26,5				
26.07.97					0	25,0				
27.07.97					5	27,0				
28.07.97					0	22,0			13,38	
29.07.97					0	19,9				
30.07.97					15	22,0				
31.07.97			3	6	0	22,1	17,4	98		
Jul			23	39	325	24,8	19,0	107	13,41	
01.08.97					10	18,3				
02.08.97					20	16,9				
03.08.97					20	17,7			13,30	Neumond
04.08.97					20	22,6				
05.08.97					0	23,8				
06.08.97					0	23,8				
07.08.97			0	0	0	25,8	19,2	104		
08.08.97					0	24,7				
09.08.97					0	24,4				
10.08.97					0	25,4				
11.08.97					0	22,3			13,17	
12.08.97					10	19,2				
13.08.97					35	21,6				
14.08.97			0	0	0	22,5	15,0	103		
15.08.97					0	24,5				
16.08.97					0	23,1				
17.08.97					0	25,2				
18.08.97					0	25,0			13,05	Vollmond
19.08.97					0	25,3				
20.08.97					0	25,2				
21.08.97					0	25,7				
22.08.97			0	0	0	23,2	17,1	122		
23.08.97					0	22,7				
24.08.97					0	21,4				
25.08.97					25	20,0				
26.08.97					10	18,4			12,52	
27.08.97					15	17,4				
28.08.97					80	17,9				
29.08.97					125	18,5				
30.08.97			0	1	2	21,5	14,2	79		
31.08.97					0	22,2				
Aug					372	22,1	16,4	102	13,05	
01.09.97					0	22,7			12,42	Neumond
02.09.97					30	20,4				

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufft.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
03.09.97			0	0	10	21,7	18,4	117		
04.09.97					0	24,7				
05.09.97					0	23,6				
06.09.97					0	22,8				
07.09.97					10	22,2				
08.09.97					25	23,9				
09.09.97					1	23,3			12,38	
10.09.97					0	19,0				
11.09.97			0	0	0	22,6	16,5	117		
12.09.97					0	24,4				
13.09.97					15	22,9				
14.09.97					0	23,5				Mond-
15.09.97					0	22,8				finsternis
16.09.97					0	23,1			12,15	Vollmond
17.09.97	1		2	1	0	23,0	17,3	125		
18.09.97					0	23,7				
19.09.97					0	23,4				
20.09.97					0	21,1				
21.09.97					0	20,4				
22.09.97					0	18,8				
23.09.97					0	20,8				
24.09.97					0	21,5			11,59	
25.09.97			1	1	0	22,5	15,4	132		
26.09.97					0	22,6				
27.09.97					0	15,0				
28.09.97					0	14,5				
29.09.97					0	13,6				
30.09.97					5	14,5				
Sep	1		3	2	96	21,3	16,9	123	12,15	
01.10.97					0	16,2			11,46	Neumond
02.10.97					0	17,0				
03.10.97			1	1	0	14,6	13,2	133		
04.10.97					10	16,2				
05.10.97					0	14,9				
06.10.97					0	15,5				
07.10.97					0	16,9				
08.10.97					0	15,2				
09.10.97					0	16,2			11,30	
10.10.97			1	4	0	14,7	11,9	132		
11.10.97					0	15,4				
12.10.97					0	16,6				
13.10.97					0	17,0				
14.10.97					0	15,3				
15.10.97					0	17,1				
16.10.97					0	19,6			11,18	Vollmond
17.10.97			2	3	0	15,7	11,8	136		
18.10.97					0	15,0				
19.10.97					0	15,2				
20.10.97					0	14,1				
21.10.97					5	15,1				
22.10.97					10	14,5				
23.10.97					0	12,4				
24.10.97			0	1	0	17,2	9,8	136	11,04	
25.10.97					0	17,4				
26.10.97					0	13,7				
27.10.97					15	15,0				
28.10.97					15	13,9				
29.10.97					15	13,5				
30.10.97					5	15,1				
31.10.97	3		5	11	0	12,9	10,3	135	10,52	Neumond
Okt	3		9	20	75	15,5	11,4	134	11,18	
01.11.97					0	13,8				
02.11.97					0	14,2				

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Datum	*Epeorus*	*Electrogena*	Heptag.*	Baetidae	Regen	Lufft.	W.-temp	Leitf.	Tagesl.	Mond-
	bispinosus	*eatoni*	Summe	Summe	[mm]	[°C]	[°C]	[µS/cm]	[h]	Phasen
03.11.97					0	15,1				
04.11.97					0	16,2				
05.11.97					0	14,8				
06.11.97	4		7	15	0	14,2	9,3	139		
07.11.97					0	14,9			10,40	
08.11.97					0	14,7				
09.11.97					20	3,3				
10.11.97					180	6,0				
11.11.97					15	11,8				
12.11.97					0	11,7				
13.11.97			0	1	0	10,1	6,1	137		
14.11.97					0	10,4			10,30	Vollmond
15.11.97					0	10,2				
16.11.97					0	12,5				
17.11.97					0	12,8				
18.11.97					0	12,2				
19.11.97					5	10,1				
20.11.97	7		7	4	0	10,2	7,2	138		
21.11.97					0	10,9				
22.11.97					0	13,2			10,20	
23.11.97					0	10,1				
24.11.97					10	11,6				
25.11.97					10	5,7				
26.11.97					140	8,6				
27.11.97					40	9,4				
28.11.97			0	3	0	10,8	7,2	133		
29.11.97					0	11,2				
30.11.97					0	10,1			10,12	Neumond
Nov	11		14	23	420	11,4	7,5	137	10,25	
01.12.97					50	8,3				
02.12.97					0	8,4				
03.12.97					0	6,2				
04.12.97			0	1	5	11,0	6,8	137		
05.12.97					0	9,4				
06.12.97					0	10,4				
07.12.97					0	10,0			10,08	
08.12.97					0	11,0				
09.12.97					45	6,1				
10.12.97					55	9,5				
11.12.97			1	3	0	10,2	6,2	132		
12.12.97					0	10,7				
13.12.97					0	10,1				
14.12.97					15	8,2			10,03	Vollmond
15.12.97					0	9,5				
16.12.97					0	11,7				
17.12.97					0	9,7				
18.12.97					0	7,8				
19.12.97			0	0	0	9,0	4,6	140		
20.12.97					0	8,6				
21.12.97					0	9,0				
22.12.97					0	10,6			10,00	
23.12.97					0	11,2				
24.12.97					0	7,8				
25.12.97					0	8,5				
26.12.97			0	2	0	9,0	4,8	142		
27.12.97					0	9,9	5,0	142		
28.12.97					0	10,4				
29.12.97					0	6,2			10,02	Neumond
30.12.97					12	5,1				
31.12.97					0	4,5				
Dez			1	6	182	9,0	5,5	139	10,04	

* Summe der Heptageniidae: *Electrogena eatoni*, *Epeorus bispinosus*, *Iron psi* , *Iron nigripilosus* und nicht bestimmbare Subimagines

Kunoibach	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	0	0	0	52	11	0	0
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980	n.g.	n.g.	n.g.	4	0	0	0	0	14	20	25	8
Iron martensi BRAASCH, 1981	n.g.	n.g.	n.g.	52	78	94	44[11]	52	15	0	0	0
I. psi (EATON, 1885)	n.g.	n.g.	n.g.	7	0	0	24	0	2	0	0	0
I. nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	n.g.	n.g.	n.g.	4	0	0	15	44	13	31	8	0
I. sinespinosus BRAASCH, 1978	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Rhithrogena tiansh. BRODSKY, 1930	n.g.	n.g.	n.g.	26	0	5	9	1	0	14	67	67
Rhithrogena sp 1.	n.g.	n.g.	n.g.	7	22	0	9	1	5	23	0	25
Gesamtanzahl der Larven	n.g.	n.g.	n.g.	27	161	102	34	261	95	35	12	12

Naggarbach	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	0	0	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	20	17	n.g.	5	14	13	11	0	26	5	6	10
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980	80	83	n.g.	95	84	87	89	100	74	95	77	88
Iron martensi BRAASCH, 1981	0	0	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I. psi (EATON, 1885)	0	0	n.g.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
I. nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	0	0	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	3	3
I. sinespinosus BRAASCH, 1978	0	0	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhithrogena tiansh. BRODSKY, 1930	0	0	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhithrogena sp 1.	0	0	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanzahl der Larven	10	30	n.g.	79	83	236	219	261	58	37	35	40

Nishallahbach	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	0	0	0	0	0	10	18	0	0	0	0	0
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	17	0	0	0	7	13	12	0	0	0	5	0
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980	58	0	0	50	28	29	47	45	52	81	86	33
Iron martensi BRAASCH, 1981	0	0	0	0	18	16	0	11	5	0	0	0
I. psi (EATON, 1885)	25	0	0	17	17	9	2	7	0	9	0	0
I. nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	0	0	0	33	3	5	12	34	39	11	5	67
I. sinespinosus BRAASCH, 1978	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
Rhithrogena tiansh. BRODSKY, 1930	0	0	0	0	20	6	4	0	4	0	0	0

* bezogen auf die Heptageniidenpopulation = 100%

[11] Die Prozentzahlen von *I. martensi* lagen im Juli 1995 und Juli 1996 bei über 80%

Nishallahbach	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Rhithrogena sp 1.	0	0	0	0	7	11	2	0	0	0	5	0
Gesamtanzahl der Larven	12	0	0	6	60	79	163	134	153	47	22	3

Raogibach	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	4	4	5	1	0	0	0	0
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	6	6	0	0	0	4	0	0
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	74	80	79	84	84	81	100	100
Iron martensi BRAASCH, 1981	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	17	0	0	0	0	0	0	0
I. psi (EATON, 1885)	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	10	16	14	7	15	0	0
I. nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	0	0	9	0	0	0
I. sinespinosus BRAASCH, 1978	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhithrogena tiansh. BRODSKY, 1930	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	0	0	1	0	0	0
Rhithrogena sp 1.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamtanzahl der Larven	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	139	250	190	338	174	124	15	2

Solangbach	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Afghanurus vicinus DEMOULIN, 1964	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	n.g.	n.g.	0	n.g.	n.g.	n.g.
Electrogena eatoni (KIMMINS, 1937)	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	n.g.	n.g.	71	n.g.	n.g.	n.g.
Epeorus bispinosus BRAASCH, 1980	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	n.g.	n.g.	0	n.g.	n.g.	n.g.
Iron martensi BRAASCH, 1981	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	35	43	n.g.	n.g.	16	n.g.	n.g.	n.g.
I. psi (EATON, 1885)	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	1	n.g.	n.g.	0	n.g.	n.g.	n.g.
I. nigripilosus SINITSHENKOVA, 1976	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	3	n.g.	n.g.	0	n.g.	n.g.	n.g.
I. sinespinosus BRAASCH, 1978	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	44	41	n.g.	n.g.	0	n.g.	n.g.	n.g.
Rhithrogena tiansh. BRODSKY, 1930	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	21	12	n.g.	n.g.	13	n.g.	n.g.	n.g.
Rhithrogena sp 1.	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	0	0	n.g.	n.g.	0	n.g.	n.g.	n.g.
Gesamtanzahl der Larven	n.g.	n.g.	n.g.	n.g.	360	320	n.g.	n.g.	315	n.g.	n.g.	n.g.

		KHA'95	KHA'96	KHA'97	NA'96	NA'97	NI'96	NI'97	RAO'97	SOL'97	
KHA'95		1,00									
KHA'96		0,43	1,00								
KHA'97		0,54	0,52	1,00							
NA'96		0,04	0,11	0,09	1,00						
NA'97		0,01	0,06	0,08	**0,93**	1,00					
NI'96		0,13	0,31	0,30	0,54	0,49	1,00				
NI'97		0,14	0,24	0,42	0,36	0,33	0,69	1,00			
RAO'97		0,07	0,13	0,09	0,68	0,64	0,55	0,54	1,00		
SOL'97		0,24	0,40	0,39	0,05	0,05	0,13	0,14	0,04	1,00	
		KHA'95	KHA'96	KHA'97	NA'96	NI'96	NI'97	RAO'97	SOL'97		
					NA'97						
KHA'95		1,00									
KHA'96		0,43	1,00								
KHA'97		0,54	0,52	1,00							
NA'96	NA'97	0,02	0,08	0,08	1,00						
NI'96		0,13	0,31	0,30	0,52	1,00					
NI'97		0,14	0,24	0,42	0,34	**0,69**	1,00				
RAO'97		0,07	0,13	0,09	0,66	0,55	0,54	1,00			
SOL'97		0,24	0,40	0,39	0,05	0,13	0,14	0,04	1,00		
		KHA'95	KHA'96	KHA'97	NA'96	NI'96	RAO'97	SOL'97			
					NA'97	NI'97					
KHA'95		1,00									
KHA'96		0,43	1,00								
KHA'97		0,54	0,52	1,00							
NA'96	NA'97	0,02	0,08	0,08	1,00						
NI'96	NI'97	0,14	0,28	0,36	0,43	1,00					
RAO'97		0,07	0,13	0,09	**0,66**	0,55	1,00				
SOL'97		0,24	0,40	0,39	0,05	0,14	0,04	1,00			
		KHA'95	KHA'96	KHA'97	NA'96//	NI'96	SOL'97				
					RAO'97	NI'97					
KHA'95		1,00									
KHA'96		0,43	1,00								
KHA'97		**0,54**	0,52	1,00							
NA'96/7	RAO'97	0,04	0,10	0,09	1,00						
NI'96	NI'97	0,14	0,28	0,36	0,47	1,00					
SOL'97		0,24	0,40	0,39	0,05	0,14	1,00				
		KHA'95	KHA'96	NA'96//	NI'96	SOL'97					
		KHA'97		RAO'97	NI'97						
KHA'95	KHA'97	1,00									
KHA'96		**0,47**	1,00								
NA'96/7	RAO'97	0,06	0,10	1,00							
NI'96	NI'97	0,25	0,28	0,47	1,00						
SOL'97		0,32	0,40	0,05	0,14	1,00					
		KHA'95/7	NA'96/7	NI'96	SOL'97						
		KHA'96	RAO'97	NI'97							
KHA'95/7	KHA'96	1,00									
NA'96/7	RAO'97	0,07	1,00								
NI'96	NI'97	0,26	**0,47**	1,00							
SOL'97		0,34	0,05	0,14	1,00						
		KHA'95/7	NA'96/7	SOL'97							
		KHA'96	RAO'97							Ähnlichk.	Distanz
KHA'95/7	KHA'96	1,00						NA'96	NA'97	**0,93**	0,07
NA'96/7	RAO'97	0,15	1,00					NI'96	NI'97	**0,69**	0,31
SOL'97		**0,34**	0,08	1,00				RAO'97	NA'96/7	**0,66**	0,34
								KHA'95	KHA'97	**0,54**	0,46
		KHA'...	NA'96/7					KHA'95/ 97	KHA'96	**0,47**	0,53
		SOL'97	RAO'97					NI'96/7	NA'96/7- RAO'97	**0,47**	0,53
KHA'...	SOL'97	1,00						KHA...	SOL'97	**0,34**	0,66
NA'96/7	RAO'97	0,13	1,00					KHA...	NA/NI/RAO	**0,13**	0,87

12. 10 Liste der Abbildungen und Tabellen

Abb. 2.1: Das obere Kullutal zwischen Khaknal und Manali
Abb. 2.2: Das Untersuchungsgebiet im Kullutal in Himachal Pradesh/Indien
Abb. 2.3: Die Probestellen im Untersuchungsgebiet
Abb. 2.4: Der Kunoibach bei mittlerem Abfluss, Juni 1995
Abb. 2.5: Der Kunoibach bei Hochwasser, August 1995
Abb. 2.6: Der Naggarbach bei mittlerem Abfluss, August 1997
Abb. 2.7: Der Naggarbach bei Hochwasser, August 1997
Abb. 2.8: Der Nishallahbach, Juni 1997
Tab. 2.1: Geodaten der Untersuchungsgewässer
Tab. 3.1: Zeiträume der Probenahmen an den Untersuchungsstellen
Abb. 3.1: Schlupfbecher zur Aufzucht von Ephemeropterenlarven zur Imago
Abb. 3.2: Schlupfbecher im Gewässer
Abb. 3.3: Emergenzhaus über dem Naggarbach
Abb. 3.4: Fangrinne des Emergenzhaus über dem Naggarbach
Abb. 3.5: Emergenzhaus über dem Nishallahbach
Tab. 3.2: Feldtests der Firma Merck zu Bestimmung der chemischen Parameter
Abb. 4.1: Temperatur und Leitfähigkeit in den Untersuchungsgewässern
Abb. 4.2: Niederschläge im Kullutal: mittlere Niederschläge nach Singh (1989) und gemessene Niederschläge von Juni 1996 bis Dezember 1997
Tab. 4.1: Temperatur, Leitfähigkeit und Ergebnisse der chemischen Analysen in den Untersuchungsgewässern.
Abb. 5.1: *Afghanurus vicinus,* weibliche Imago
Abb. 5.2: Vorkommen und Größenverteilung von *Afghanurus vicinus* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.3: *Electrogena eatoni,* Larven mit weißen Flecken
Abb. 5.4: Vorkommen und Größenverteilung von *Electrogena eatoni* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.5: Larve von *Epeorus bispinosus*
Abb. 5.6: Vorkommen und Größenverteilung von *Epeorus bispinosus* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.7: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron martensi* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.8: Larve von *Iron psi*
Abb. 5.9: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron psi* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.10: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron nigripilosus* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.11: Vorkommen und Größenverteilung von *Iron sinespinosus* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.12: Larve von *Rhithrogena tianshanica*
Abb. 5.13: Vorkommen und Größenverteilung von *Rhithrogena tianshanica* in den Untersuchungsgewässern 1997
Abb. 5.14: Vorkommen und Größenverteilung von *Rhithrogena spec. 1* in den Untersuchungsgewässern 1997
Tab. 6.1: Gesamtzahl der geschlüpften Ephemeropteren und Individuenzahl der Ephemeropteren und Heptageniiden pro Quadratmeter in der Emergenzfalle über dem Naggarbach

Abb. 6.1: Ephemeropteren in der Emergenzfalle über dem Naggarbach 1996 und 1997
Tab. 6.2: Gesamtzahl der geschlüpften Ephemeropteren und Individuenzahl der Ephemeropteren und Heptageniiden pro Quadratmeter in der Emergenzfalle über dem Nishallahbach
Abb. 6.2: Ephemeropteren in der Emergenzfalle über dem Nishallahbach 1996 und 1997
Tab. 6.3: Anteil von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* an der Emergenz der Heptageniidae in Prozent
Abb. 6.3: Emergenz von *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* in der Emergenzfalle über dem Naggarbach von Juli 1996 bis Dezember 1997
Abb. 6.4: Prozentualer Anteil weiblicher und männlicher Imagines bei *Epeorus bispinosus* und *Electrogena eatoni* im Naggarbach
Tab. 7.1: Lebenszyklen der Heptageniidae im Kullutal, deren Vorkommen und Verbreitungsschwerpunkt
Tab. 8.1: Vorkommen der Larven der Arten der Familie der Heptageniidae in den Untersuchungsgewässern
Abb. 8.1: Prozentuale Anteile der Taxa im Kunoibach, Naggarbach Nishallahbach, Raogibach und Solangbach
Abb. 8.2: Ähnlichkeiten (nach WAINSTEIN 1967) der Populationsstrukturen der untersuchten Bäche in verschiedenen Jahren.
Abb. 9.1: Ephemeropterenlarve mit Simuliidenpuppe (nach CROSSKEY, 1990)
Tab. 9.1: Vorkommen der phoretisch lebenden Simuliiden und ihre Wirte in den Untersuchungsgewässern
Abb. 9.2: *Epeorus bispinosus* mit einer phoretisch lebenden Simuliide
Abb. 9.3: *Epeorus bispinosus* mit einer phoretischen Puppe von *Simulium rashidi*
Abb. 9.4: Anheftungsplatz von Larven und Puppen von *Simulium rashidi* auf *Epeorus bispinosus*
Abb. 9.5: Ventral verlagerter Hakenkranz von phoretisch lebenden Simuliiden (nach CROSSKEY, 1990)
Abb. 12.1: *Electrogena eatoni*, weibliche Imago
Abb. 12.2: *Epeorus bispinosus*, weibliche Imago
Abb. 12.3: Larve von *Iron nigripilosus*
Abb. 12.4: Larve von *Iron sinespinosus*
Abb. 12.5: Larve von *Rhithrogena sp. 1*
Abb. 12.6: Larven von *Iron psi* und *Iron martensi* mit phoretisch lebenden Simuliidenlarven
Abb. 12.7: Larve von *Rhithrogena tianshanica* mit einer phoretischen Simuliidenlarve
Abb. 12.8: *Epeorus bispinosus* mit *Symbiocladius sp.*, eine parasitisch lebende Chironomidengattung

Danksagung

Diese Arbeit entstand in der Forschungsstation der Arbeitsgruppe ”Fließgewässer Himalaya” in Naggar im Kullutal in Indien/Himachal Pradesh.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Schwoerbel für die Stellung des sehr interessanten Themas und für die anregenden Diskussionen.

Herrn Dr. Bauernfeind (Naturhistorisches Museum Wien) danke ich herzlich für die Bestimmung der Belegexemplare der Ephemeropteren und die Durchsicht des Manuskripts der Arbeit.

Frau Prof. Dr. E. Kiel (Universität Vechta) danke ich für die Bestimmung der phoretischen Simuliiden und den zahlreichen interessanten Anregungen und Diskussionen zu diesem Thema.

Bei den Herren Prof. Dr. William L. Peters (Universität Tallahassee, USA), Dr. Phil Suter (Universität Salisbury, Australien), Dr. David Towns (Universität Auckland/ Neuseeland) und Dr. Peter Grant (Universität Oklahoma, USA) möchte ich mich für die Informationen und Diskussionen über phänologische Fragen und den Austausch von Literatur bedanken.

Herrn Prof. Dr. J. Schulte-Mönting (Universität Freiburg) danke ich für die Unterstützung bei den statistischen Analysen und Herrn Prof. Dr. Bauer (Universität Freiburg) und Herrn Prof. J. Müller für die Bereitstellung der Infrastruktur und Hilfe bei statistischen Berechnungen.

Herrn Matthias Radtke vom Rechenzentrum Freiburg sei Dank für seine Hilfe bei der Bearbeitung der Excel Dateien und Herrn Johannes Ortlepp für die Unterstützung bei der Berechnung der Biologischen Indizes. Bei Herrn Dr. Bruno Ehmann möchte ich mich für die Hilfe und Unterstützung bei allen Computerproblemen bedanken.

Meinem Kollegen, Herrn A. Panesar, und allen, die beim Aufbau der Forschungsstation in Naggar mitgeholfen haben, danke ich herzlich. Dabei gilt mein besonderer Dank den Herren Uver Singh Thakur und Balku Negi für die Hilfe bei der Durchführung der Feldstudien.

Meiner Freundin Anna Knigge möchte ich für die unermüdliche Hilfe beim Fertigstellen der Arbeit danken.

Dem Land Baden-Württemberg und dem DAAD danke ich für die Gewährung eines zweijährigen Stipendiums nach dem Landesgraduiertenförderungsgesetz zur Durchführung der Feldstudien in Indien und der Frauenbeauftragten der Universität Freiburg für die Gewährung des Stipendiums zur Auswertung und Beendigung der vorliegenden Arbeit.

Mein allerherzlichster Dank gilt meinem Mann Herrn Amar Kaistha, der durch seine Geduld und Hilfe und durch die Übernahme der Betreuung unseres Sohnes, mir ermöglichte die Arbeit zu beenden.