

Zunahme des Brutbestands der Wasserramsel *Cinclus cinclus* am Küssnacher Bach von 1987 bis 2002

Johann Hegelbach

Increasing breeding pair numbers of Dippers *Cinclus cinclus* from 1987 to 2002 at the Küssnacht brook near Zurich, Switzerland. – The Küssnacht brook is a small river with a total length of 8.6 km. Its catchment of 12 km² consists of agricultural (50 %), forest (35 %) and urban (15 %) areas and lies to the East of Lake Zurich on an alluvial moraine with a maximum altitude of 853 m a.s.l. Dippers establish their territories between 690 m a.s.l. and the mouth of the river at Lake Zurich at 406 m a.s.l. Including all subsidiary inlets a total of 8.05 km are potentially settled by Dippers. The survey started in 1987 with a breeding population of 7 pairs. After continuous growth the population consisted of 16 colour-ringed pairs in 2002, leading to a (conservatively counted) population density of 2.0 breeding pairs/km (along an extreme stretch of 2.8 km 9 pairs were breeding; i.e. 3.3 pairs/km). In 1997 a maximum of 7.5 successful nestlings per breeding pair were produced; after that total and relative number of offspring declined slightly. Such a high number of breeding pairs in a relatively isolated population has not been reported from anywhere else and I therefore list potential reasons for this surprisingly high density: An altitude of 400 to 700 m a.s.l. is preferred by Dippers in Central Europe. The river's fall of 40 m per km (gradient 4 %) is theoretical. Effectively this steep gradient is modified by more than a hundred steps and the flow of the water is disrupted by gravel and stones and the water level reaches 40 cm. The water of heavy and abrupt rains is partly collected and equalized by catch basins of a water treatment plant (ARA). In 1992 the treatment process was adjusted to a higher standard. This improvement and the effect of aeration at the watersteps lead to absolute oxygen saturation in the Küssnacht brook. The water's favourable quality is indicated by several species of caddisflies (Trichoptera), mayflies (Ephemeroptera) and stone flies (Plecoptera), known as preferred saprob indices species. As a consequence of the calcareous substrate the water shows a high degree of hardness. Furthermore, calcareous deposition occurs and holes, niches and potential nesting sites are created at the front side of the steps. Acid conditions do never appear; the water is of alkaline quality about pH 8.0. After its treatment the clarified water's temperature is elevated. During winter this elevation can reach as much as 3 °C and the Küssnacht brook never freezes over, at least in the middle part. As a consequence there is always a predictable refuge for the Dippers, even at air temperatures far below 0 °C. They are able to stay year round in the same territory; in the most unfavourable case they have to move a short distance to the unfrozen stretch. Food supply, i.e. the density of aquatic macroinvertebrates, particularly fly (Diptera) and caddisfly larvae, mayfly and stone fly nymphs is sufficient (approx. 2000 macroinvertebrates per m²). In the years 1993 to 1995 a total of 9 nest boxes or shelves were installed in the surroundings of previous nests (to allow better access for controlling and ringing). In 2002 only 4 of them were used, and we can conclude that there is a sufficient supply of natural nesting sites.

Key words: Population increase, breeding density, river structure, freshwater biodiversity, acidity, food supply, Switzerland.

Dr. Johann Hegelbach, Zoologisches Museum Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190, CH–8057 Zürich, e-mail hegzm@zoolmus.unizh.ch

In den letzten Jahrzehnten haben wir uns daran gewöhnen müssen, von Rückgängen und der Bedrohung der einheimischen Avifauna zu erfahren. Die betroffenen Arten sind durchwegs Spezialisten im ökologischen Sinn; ihnen gegenüber geht es den Generalisten und Zivilisationsfolgern verhältnismässig gut (u.a. Schifferli 1993, Bauer & Berthold 1996). Diese Verallgemeinerung gilt für die Wasserramsel nicht. Mit ihrer innerhalb der paläarktischen Singvö-

gel einmaligen aquatischen Lebensweise ist sie zweifelsohne eine Spezialistin. Trotzdem sind ihre Bestände im Alpengebiet stabil oder eher in Zunahme begriffen (Schmid et al. 1998). Dies trifft zu, obwohl noch nicht alle Fließgewässer einigermaßen sauberes Wasser führen und noch lange nicht alle wasserbaulichen Fehler vergangener Zeiten rückgängig gemacht worden sind. Grundsätzlich hat unser Land als Wasserschloss Europas (mit den hier entsprin-

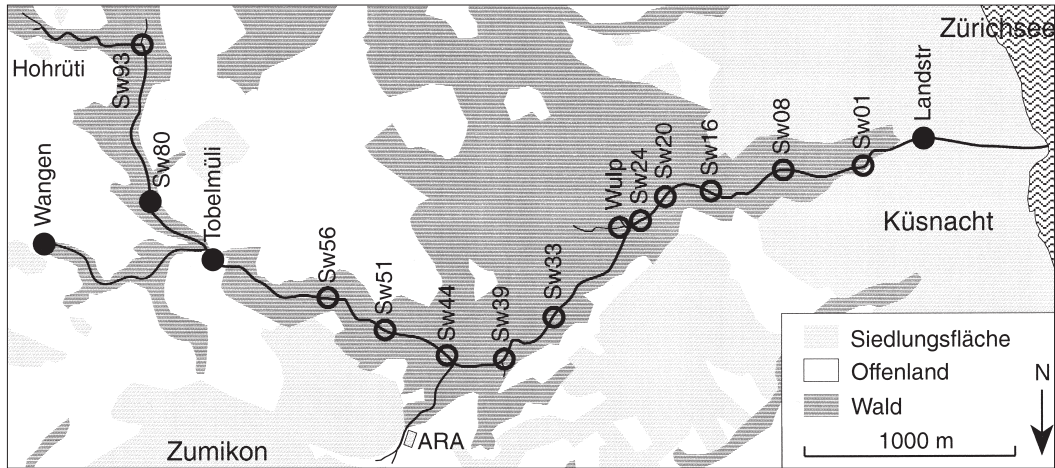


Abb. 1. Lauf des Küssnacher Bachs mit den natürlichen (offene Kreise) und künstlichen (gefüllte Kreise) Neststandorten der Wasseramsel im Brutjahr 2002. Die 16 Neststandorte sind als Nummer der entsprechenden Schwelle (Sw) oder als Ortsbezeichnung quer geschrieben. – *Run of the Küssnacht brook and its inlets to Lake Zurich at 406 m a.s.l.* Circles indicate the nests of 16 pairs of Dippers in the breeding season 2002. Open circles indicate natural sites, black circles nest boxes; ARA stands for the water treatment plant.

genden Gewässersystemen) eine besondere versorgungspolitische Bedeutung. Und der Wasseramsel fällt dabei eine wichtige Rolle zu: Als Charaktervogel der Oberläufe dieser Flüsse ist sie eine Vorzeigart, die für den intakten Zustand dieser Gewässer steht. Vor allem in den Voralpen und ihren Ausläufern liegen die ihr zusagenden günstigen Habitate, was, bei zunehmend milden Wintern, für das ganze Jahr gilt.

Diese Arbeit behandelt die langjährige Entwicklung einer mehr oder weniger isolierten Wasseramsel-Population in der Umgebung der Stadt Zürich. Dabei werden die Dichte des Vorkommens und die über die Jahre erbrachte Brutleistung besonders gewichtet. Anschließend wird versucht, die ökologischen Gründe für die Entwicklung dieses Bestandes möglichst vollständig aufzulisten.

1. Untersuchungsgebiet, Material und Methode

1.1. Untersuchungsgebiet

Der Küssnacher Bach entwässert die Westseite des Pfannenstiels, der höchsten Erhebung (853

m ü.M.) auf der Längsmoräne am rechten Ufer des Zürichsees. Sein Einzugsgebiet umfasst 12 km²; davon werden 50 % landwirtschaftlich genutzt, 35 % sind bewaldet und 15 % sind als Siedlungsgebiet zu bezeichnen (Hantke 1993). Auf 790 m ü.M. liegt das Quellgebiet; mehrere verästelte Rinnsale vereinigen sich bei Hohnrütli (690 m ü.M., Abb. 1) zum eigentlichen Bachlauf. Als wichtigster Seitenarm tritt bei Tobelmüli (590 m ü.M.) der Wangener Bach hinzu, kurz danach der Vorfluter der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Zumikon. Im Herbst 1992 wurde in dieser Anlage die vierte Reinigungsstufe in Betrieb genommen, was nochmals zu einer verbesserten Qualität des abgegebenen Wassers führte.

Im mittleren Teil durchfließt der Küssnacher Bach die von ihm bis 80 m tief gegrabene Schlucht. Die Länge des Wasserbettes von der Quelle bis zur Mündung beträgt 8,6 km. Der obere Teil verläuft im für die Region typischen Buchen-Fichtenwald, die letzte Strecke von 800 m im Siedlungsgebiet und durch den Kern des Ortes Küssnacht. Im Küssnacher Horn mündet der Bach in den Zürichsee (406 m ü.M.). In diesem untersten Teil ist der Bach 7–9 m breit, fließt mit rund 0,5 m/s und transportiert bei

durchschnittlichem Anfall 0,5 m³ Wasser pro Sekunde.

Die Wasseramseln nutzen den Küsnachter Bach von Hohrütli bis zur Mündung in den Zürichsee (Länge 6,5 km), ebenso den Seitenarm Wangener Bach (Länge 950 m). Der ARA-Vorfluter wird auf einer Länge von 550 m, der Wulpbach auf einer Länge von 50 m zur Nahrungssuche genutzt. Gesamthaft beanspruchen die Wasseramseln somit eine Gewässerlänge von 8,05 km; bei normaler Wasserführung sind diese Bachbette $\geq 2,0$ m breit. Die ebenfalls am Küsnachter Bach brütenden Bergstelzen *Motacilla cinerea* akzeptieren auch schmalere Bäche und richten jeweils noch oberhalb der ersten Wasseramseln ein oder zwei Reviere ein (Flöss & Nievergelt 1996).

1.2. Material und Methode

Die planmässige Erfassung der Wasseramsel-Population am Küsnachter Bach begann im Frühjahr 1987 (Zopfi 1988). Im Anschluss daran und mit verschiedenen Fragestellungen entstanden an diesem Gewässer mehrere Diplomarbeiten (Zimmermann 1990, Wolf 1992, Sätteli 1993, Hänni 1996, Schoop 1997, Stucki 2001, Meyer 2002). Eine wichtige Voraussetzung für diese Studien war die individuelle Markierung der Vögel. Zusammen mit der kontinuierlichen Beobachtungstätigkeit war und ist gewährleistet, dass höchstens «Kurzzeit-Aufenthalter» (weniger als zwei Wochen) nicht erfasst werden; alle anderen Wasseramseln werden gefangen und farbig beringt. Bei den üblichen Beobachtungsgängen (mindestens alle 1–2 Wochen, ausser in den Monaten Juli und August) werden die Reviere, die Revierinhaber und die Paare identifiziert. Wegen ihrer linearen Ausdehnung sind die Reviere der Wasseramseln einfach zu ermitteln (Aufenthalts- und Futtersuchort, Umkehrpunkt beim Vor-sich-her-Treiben, je nach Jahreszeit auch Neststandort oder Mauserplatz; Zopfi 1988, Meyer 2002). Der Umstand, dass Wasseramseln oft wochenlang an einem Nest bauen, ist bei der Datenaufnahme von Vorteil. Für die vorliegende Arbeit habe ich «potenzielle» Paare mit über einmonatiger Anwesenheit in der Brutzeit (März bis Mai) als Brutpaar definiert,

sobald ich Nestbautätigkeit feststellte. ♂ mit simultan zwei ♀ und Nestern werden als zwei Brutpaare gezählt. Die Nestlinge werden nach einem nestspezifischen Farbcode beringt, und die überlebenden Subadulten werden wieder gefangen und mit einer individuellen Kombination versehen. Im Gesamten habe ich in den 16 Jahren bis Ende 2002 am Küsnachter Bach 1640-mal eine Wasseramsel gefangen und/oder beringt; 45 adulte ♀, 45 adulte ♂ und 865 Nestlinge waren Erstberingungen, 685 waren Kontrollfänge.

2. Ergebnisse

Seit 1987 ist der Brutbestand der Wasseramsel stark angestiegen; er hat sich in den letzten 16 Jahren verdoppelt (Tab. 1, Abb. 2). Im Jahr 2002 stellte ich die bisher höchste Dichte fest: In dieser Brutzeit nutzten 16 Brutpaare (BP) eine Bachlänge von 6,8 km (Gewässerlänge zwischen den peripheren Nestern 6,3 km, zu-

Tab. 1. Wasseramseln am Küsnachter Bach von 1987 bis 2002. Zahl der Brutpaare (BP) und ihre Dichte pro km sowie Zahl der erfolgreichen Nestlinge und Nestlinge pro Brutpaar. * 1987 wurden nicht alle Nestlinge erfasst. – *The Dippers at the Küsnacht brook from 1987 to 2002: number of breeding pairs, their density, absolute number of successful nestlings and nestlings per breeding pair.* * Numbers for 1987 are not reliable.

Jahr	BP	BP pro km	Nestlinge	Nestlinge pro BP
1987	7	–	14*	–
1988	7	0,9	25	3,6
1989	6	0,7	29	4,8
1990	7	0,9	32	4,6
1991	6	0,7	34	5,7
1992	8	1,0	45	5,6
1993	10	1,2	67	6,7
1994	9	1,1	51	5,7
1995	9	1,1	56	6,2
1996	11	1,4	63	5,7
1997	13	1,6	98	7,5
1998	12	1,5	85	7,1
1999	14	1,7	62	4,4
2000	12	1,5	62	5,2
2001	12	1,5	55	4,6
2002	16	2,0	87	5,4

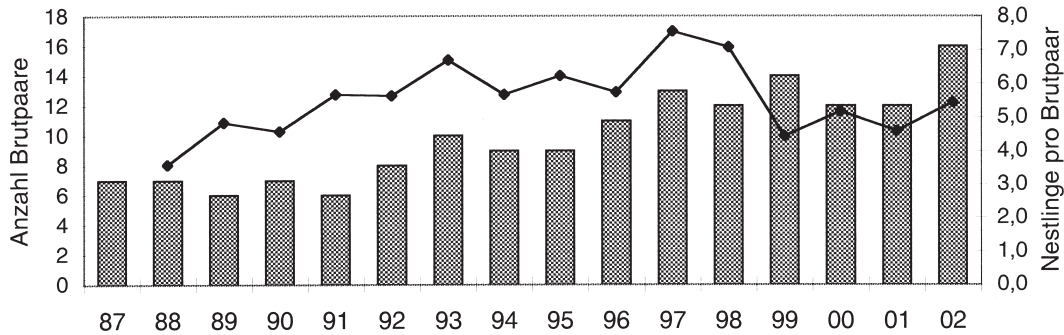


Abb. 2. Entwicklung der Wasseramsel-Population von 1987 bis 2002 am Küsnachter Bach: Anzahl der Brutpaare (Säulen) und erfolgreiche Nestlinge pro Brutpaar (Linie). – *Number of breeding Dipper pairs (columns) and number of successful nestlings per breeding pair (line) at the Küsnacht brook from 1987 to 2003.*

züglich beidseits eine halbe Revierlänge von 250 m; Abb. 1) und die Dichte betrug 2,4 BP/km. Auch bei zurückhaltenderer Berechnungsart (16 BP im potenziell nutzbaren Gewässersystem von 8,05 km) betrug die Siedlungsdichte hohe 2,0 BP/km. Der Bestand entwickelte sich im Untersuchungszeitraum mehr oder weniger kontinuierlich; die Inbetriebnahme der vierten Reinigungsstufe 1992 löste nicht unmittelbar einen sprunghaften Anstieg aus und die Verteilung der Reviere (oberhalb, resp. unterhalb des Vorfluters) in den Jahren 1987 bis 1992 ist von jener von 1993 bis 2002 nicht signifikant verschieden ($\chi^2 = 0,446$; FG = 1; $p > 0,5$). Entsprechend der hohen Dichte waren im Jahr 2002 die Gewässerstrecken zwischen den Nestern kurz: Vom Nest «Wulp» abwärts betrachtet betragen sie zwischen jeweils zwei Nestern 80, 130, 310, 310, 480 und 390 m (Abb. 1). Wohl aufgrund der engen Verhältnisse im Mündungsbereich des Wulpbaches waren in dieser Umgebung drei Paare fast dauernd in Streitigkeiten verwickelt. Das Paar Wulp konnte zur Futtersuche nur aufwärts in den Küsnachter Bach fliegen; die Mündungskurve wurde dabei in 10–20 m hohem Flug «abgeschnitten». Das Paar Sw24 konnte rund 180 m Bachstrecke als Revier halten und zeitigte eine erfolgreiche Brut. Das nächstfolgende Paar Sw20 schien am stärksten abgelenkt und kam nicht über die Nestbauphase hinaus; als einziges Brutpaar der ganzen Population blieb es ohne Erfolg. In diesem populations-

starken Jahr 2002 beringte ich 87 Nestlinge im Alter von 10–12 Tagen (5,4 Nestlinge/BP). Die Nester waren an 16 Standorten gebaut worden; in 5 Fällen hatten die Vögel ein zweites Mal im gleichen Nest gebrütet. Von den 16 Neststandorten sind 4 künstlich (zwei Holznistkästen, ein als Neststütze montiertes Holzsim, eine Neströhre aus Kunststoff). Die anderen 12 (75 %) sind naturnahe Standorte in oder unter Kalkschwelen (Abb. 3, 4). Erwartungsgemäss war in den 16 Untersuchungs Jahren die Anzahl beringter Nestlinge (hier als erfolgreiche Junge definiert) stark von der jeweiligen Populationsgrösse abhängig (Spearman; $r_s = 0,80$; $p < 0,01$). Die rückläufige Tendenz des relativen Bruterfolges nach 1997 kann ein Anzeichen dafür sein, dass sich die Population an ihrem Dichtemaximum befindet (Abb. 2).

3. Diskussion

3.1. Siedlungsdichte

In der Literatur findet man ausführliche Zusammenstellungen mit Siedlungsdichten und Revierlängen der Wasseramsel aus geographisch und höhenmässig verschiedenen Gebieten (Breitenmoser-Würsten & Marti 1987, Roché & Andurain 1995, Fracasso et al. 2000). Die dichtesten Vorkommen wurden aus Süddeutschland mit 1,2 (0,5–2,3) BP/km (Rockenbauch 1985) und 1,4 (0,3–2,5) BP/km (Schmid 1985) gemeldet; ähnlich hohe Werte

fand Boitier (1998) in der Auvergne (Frankreich) mit 1,1 (0,6–1,9) BP/km. Fracasso et al. (2000) zählten in den italienischen Voralpen auf 12,5 km Bachlänge 19 BP (1,5 BP/km) und D'Amico & Hemery (2003) fanden in den französischen Pyrenäen bis zu 9 BP auf 4 km (2,25 BP/km). Die aufgeführten Maxima zeigen die Werte von ausgesuchten Abschnitten aus jeweils grösseren Untersuchungsgebieten und nicht jene von ganzen Gewässersystemen und damit mehr oder weniger abgeschlossenen, eigentlichen Populationen. Die Vergleichbarkeit lässt sich in diesen Fällen auf eine banale Kontroverse zwischen den Werten der Siedlungsdichte (Anzahl BP in einem grösseren Gewässersystem) und der Revierlängen (von einem BP effektiv beanspruchte Bachlänge) reduzieren. Allerdings ist diese Diskussion bei den Zahlen der Künsbacher Population hinfällig: Errechnete man beispielsweise die Dichte zwischen der Mündung des ARA-Vorfluters und dem Ortsrand von Künsnacht, läge die Dichte bei 9 BP auf 2,8 km oder 3,3 BP/km. Auch wenn exakte Vergleiche wegen der unterschiedlichen Arbeitsmethoden nicht möglich sind, steht dennoch fest, dass am Künsbacher Bach mit 2,0 BP/km eine enorm hohe Siedlungsdichte erreicht wird.

3.2. Gründe für das dichte Vorkommen

3.2.1. Höhenlage

In unseren Breiten bevorzugt die Wasseramsel die Gewässer der collinen Stufe auf einer Höhe von 400 bis 700 m ü.M. Auf dieser Meereshöhe findet die Wasseramsel ganzjährig ihr Auskommen und sie kann ein echter Standvogel sein. In höheren Lagen (z.B. in den inneralpinen Tälern) ist das nur an ausgesuchten Überwinterungsstrecken der Fall (Glutz von Blotzheim & Bauer 1988). An sich würden aus klimatischen Gründen tiefere Lagen der Wasseramsel durchaus zusagen, aber die breiten Talsohlen und die dort langsam fliessenden Flüsse genügen ihren Habitatansprüchen nicht oder nur stellenweise. Das coupierte Gelände der schweizerischen Voralpen hingegen liegt in der klassischen Bergbach-Region (Rhithral) und anerkanntermassen trifft man die dichtes-

ten Wasseramsel-Vorkommen an den mittleren und unteren Bachabschnitten dieser Höhenstufe (Metarhithral und Hyporhithral; Jost 1975, Wagner 1984). Diese Voraussetzung erfüllt der Künsbacher Bach in bester Weise.

3.2.2. Gefälle

Das theoretische Gefälle beträgt rund 40 m/km (280 m auf 6,5 km); in Wirklichkeit verhindern über 100 Schwellen den freien Lauf des Bachs und dämpfen den Wasserstrom auf eine durchschnittliche Geschwindigkeit von etwa 0,5 m/s. Der treppenartige Lauf bewirkt eine variable Fließgeschwindigkeit innerhalb kurzer Distanzen: In den Tosbecken liegt sie praktisch bei 0, in den abschüssigen Zwischenstrecken bei 1,0 m/s. Die Wasseramsel bevorzugt bei der Nahrungssuche eine Fließgeschwindigkeit zwischen 0,2 (Jost 1975) und 0,8 m/s (Glutz von Blotzheim & Bauer 1988). Der von ihr über das ganze Jahr hinweg bevorzugte Lebensraum sind aber die Strömungsschatten hinter grösseren Steinen (Spitznagel 1988). In diesen sogenannten Totwasserzonen kann die Fließgeschwindigkeit gegen null fallen und die Strömung stellenweise sogar rückwärts gerichtet sein. Im Künsbacher Bach sind nicht nur die Zonen hinter einzelnen Steinbrocken, sondern die ganzen Tosbecken unterhalb jeder Schwelle solche Totwasserzonen grösseren Massstabs.

3.2.3. Wassertiefe, Bachstruktur

Ausserhalb der Tosbecken entspricht die Wassertiefe dem von der Wasseramsel bevorzugten Bereich von bis zu 40 cm. Der Bachlauf liegt in der Süswassermolasse und der Untergrund besteht aus einer Abfolge von Sandsteinen und Mergel (Hantke 1993); dementsprechend weist das Bachbett an den flacheren Stellen einen kiesigen Untergrund (gegen die Totwasserzonen), dann ein mit Geröll, grösseren Steinen und Blöcken besetztes Hauptbett auf. Nur an einigen Stellen (teilweise auf den Schwellenkanten, dann vor allem im Siedlungsbereich) ist das Bett künstlich versiegelt. Die meist 1–3 m hohen Schwellen wurden aus eckigen Steinblöcken gebaut, ebenso die seitlichen



Abb. 3. Der treppenartige Lauf des Küsnachter Baches unterhalb des Weilers Tobelmüli im März 1993. – *The cascade-like run of the Küsnacht brook in its upper region in March 1993.*

Stützmauern (Abb. 3, 4). Das Angebot an verschiedenen Wassertiefen und die Geröllgrösse entsprechen den Bedürfnissen der Wasseramsel (Peris et al. 1991, Del Guasta 2003).

3.2.4. Bachbreite, Wasserführung

Die Breite des Bachbettes steht im Verhältnis zum anfallenden Wasser und zur Grösse des Einzugsgebiets. Die Wasserführung im Verlaufe des Jahres ist verhältnismässig ausgeglichen. Der Zustrom von plötzlich auftretendem Meteorwasser aus Siedlungen ist begrenzt und der Anfall aus dem Siedlungsgebiet Zumikon wird von der ARA übernommen. Dort funktionieren die Klärbecken als Rückhaltegefässe, und sowohl extreme Hoch- wie auch Niedrigwasser werden auf diese Weise gedämpft. Im Weiteren liegt das engere Einzugsgebiet des Küs-

nachter Baches fast ausschliesslich im Wald. Hier wird ein plötzlicher Wasseranfall durch die Vegetationsdecke abgefangen und zwischengespeichert. Während in den höheren Lagen der Alpen die Schneeschmelze gerade zur Brutzeit von Bedeutung sein kann (primär wegen des Wasserstandes, sekundär wegen der Trübung; Glutz von Blotzheim & Bauer 1988), ist hier der Anfall von Schmelzwasser im Frühjahr unbedeutend. Das Einzugsgebiet des Küsnachter Baches hat keinen Anschluss zu höher liegenden, mit Schnee befrachteten Gebieten. Der Pfannenstiel liegt zwar quer zur vorherrschenden Westwindrichtung, aber er ist keine solitär stehende Erhebung, die eine niederschlagsreiche Staulage entstehen liesse. Die über das ganze Jahr und über die ganze Bachlänge regelmässige Wasserführung kommt den Ansprüchen der Wasseramsel entgegen.

3.2.5. Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist generell hoch. Bis auf eine kurze Strecke unterhalb der Einleitung des Vorfluters der ARA Zumikon ist die Sauerstoff-Sättigung während des ganzen Jahres absolut. Hauptverantwortlich dafür sind die kleinen Wasserfälle an den Schwellen, welche eine gute Durchlüftung des Wassers bewirken. Die 1992 in Betrieb genommene vierte Reinigungsstufe der ARA Zumikon hat sich positiv ausgewirkt. Seither ist das abgegebene Wasser nur wenig belastet, und der Sauerstoff zehrende Selbstreinigungsprozess auf seinem weiteren Weg wurde marginalisiert. Die eigenen Messungen während des ganzen Jahres 1991 ergaben eine Sauerstoffsättigung von 82 (71–95) %, die vergleichbaren Werte von 1995 lagen bei 99 (92–107) % (Hänni 1996). Der Sauerstoffgehalt des Küsnachter Baches ist hoch und seine Selbstreinigungskapazität intakt.

3.2.6. Saprobienwert, Vielfältigkeit der Wirbellosen

Im gleichen Zeitraum und mit der gleichen Begründung ist auch die anhand des Vorkommens von ausgewählten Indikator-Wirbellosen ermittelte «biologische Qualität» des Wassers,



Abb. 4. Die Kalkablagerung an der Frontseite einer Schwelle. Die Mooskugel oberhalb der Bildmitte enthält das Wasseramsel-Nest. Um ans Nest zu gelangen, wurde das Wasser kurzzeitig gestaut (Mai 2002). – *Frontside of a step in the Künsnacht brook with its calcareous deposit. Due to ringing activity the water curtain is temporarily diverted away; the mossy ball in the upper middle is a Dipper's nest.*

der Saprobienwert, deutlich gestiegen. Die den Saprobienwert positiv beeinflussenden Wirbellosen sind verschiedene Larven von Steinfliegen Plecoptera, Eintagsfliegen Ephemeroptera und Köcherfliegen Trichoptera. Diese Zusammensetzung entspricht weitgehend dem höherklassigen Nahrungsangebot der Wasseramsel, und der Anstieg des Saprobienwertes zeigt somit auch die Aufwertung des Nahrungsspektrums für die Wasseramsel an. Bezeichnenderweise kamen im Vorfluter der ARA im Jahr nach der Inbetriebnahme der vierten Reinigungsstufe keine Schlammröhrenwürmer (Tubificiden; Anzeiger von mässig belastetem oder oligosaprobem Wasser) mehr vor. Zudem erreichte die Wasserqualität einen höheren Gü-

tebereich (β -mesosaprob; Hänni 1996, 2000). Viele der Wirbellosen, die diesen Bereich anzeigen, sind als Nahrungsgrundlage für die Wasseramsel bekannt und haben einen hohen Ernährungswert (Limnephilidae, Rhyacophilidae, Hydropsychidae, Perlidae; Spitznagel 1985).

3.2.7. Nahrungsangebot, Quantität der Wirbellosen

Nicht nur die Beschaffenheit, auch die Dichte des Nahrungsangebots hängt mit den bisher genannten Punkten (Höhenlage, Strömungsgeschwindigkeit, Wasserqualität und -temperatur, Kalkgehalt, pH-Wert) zusammen. In den Brutmonaten Februar bis Mai 1995 ergaben die Surber-Sampler-Proben über 2000 Larven von Zweiflüglern Diptera, Köcherfliegen, Steinfliegen und Eintagsfliegen pro m^2 (Hänni 1996, 2000). Damit liegt das Nahrungsangebot im oberen Bereich der bedingt vergleichbaren Werte von bekannten Wasseramsel-Gewässern (Jost 1975, Ormerod et al. 1985, Spitznagel 1985, Breitenmoser-Würsten 1997, Fäs 2000). Ormerod et al. (1985) haben nachgewiesen, dass nur das Vorkommen der Plecoptera- und Trichoptera-Larven für die Wasseramsel-Dichte relevant ist, und bei Del Guasta (2003) sind sogar nur die grösseren Trichoptera-Familien (Sericostomatidae, Limnephilidae, Hydropsychidae) entscheidend. Gerade diese Limnephilidae und Hydropsychidae konnten an verschiedenen Probestellen im Künsbacher Bach gefunden werden (Sätteli 1993). Somit steht fest, dass am Künsbacher Bach die Ernährungssituation für die Wasseramsel in quantitativer und qualitativer Hinsicht günstig ist: Die Dichte der Wirbellosen-Larven mit einem hohen Saprobienwert ist hoch.

3 2.8. Kalkgehalt, Härtegrad

Der geologische Untergrund des Pfannenstiels besteht aus jungtertiärer Süßwassermolasse, und im Bereich des Künsbacher Tobels liegt eine Abfolge von Sandsteinen und Mergel. Die als Hörnli-Schüttung bezeichnete Ablagerung ist für ihren hohen Kalkanteil bekannt (Hantke 1993). Dementsprechend kalkhaltig ist auch

das hier abfließende Wasser, was an den Ausfällungen und Ablagerungen, vor allem auf und an den Schwellen, augenfällig wird. Zwei im ganzen Jahr 1992 beprobte Stellen im Künsbacher Bach ergaben eine Karbonathärte von 13 (10–17) mmol/l [$^{\circ}$ dH] und eine Gesamthärte von 16 (12–20) mmol/l [$^{\circ}$ dH], was mittelhartes bis ziemlich hartes Wasser umschreibt. Auf die Wirbellosenfauna hat hartes Wasser höchstens eine indirekte, sicher keine negative Wirkung (Kalbe 1997). Andererseits bilden die Kalkablagerungen und Überhänge an den Schwellen viele Nischen und Hohlräume, welche von den Wasseramseln gerne als Zufluchts-, Ruhe- und Niststandorte genutzt werden (Abb. 4).

3.2.9. pH-Wert

In verschiedenen Messzeiträumen lag der pH-Wert immer im schwach alkalischen Bereich: Bei 14 eigenen Messungen während des ganzen Jahres 1992 lag der pH-Wert zwischen 7,9 und 8,5, und bei Hänni (1996) lag er 1995 zwischen 7,7 und 8,4. Gewässer mit einem pH-Wert in diesem Bereich weisen eine hohe Vielfalt und Häufigkeit an Makroinvertebraten auf und sind aus diesem Grund ausgezeichnete Wasseramsel-Habitate: Vickery (1991) hat in schottischen Gewässern eine direkte Korrelation zwischen Brutpaardichte und steigendem pH-Wert nachgewiesen. Im umgekehrten Sinn sehen Ormerod et al. (1985, 1986) und Buckton et al. (1998) in der Azidität der walisischen Gewässer (verursacht durch den geologischen Untergrund und verstärkt durch den sauren Regen) den Grund für den dort festgestellten Rückgang der Wasseramsel – die umgekehrte Situation am Künsbacher Bach unterstützt diese Folgerung.

3.2.10. Wassertemperatur

Die Einleitung des zwar geklärten, aber erwärmten Abwassers aus der ARA Zumikon zeigt insbesondere in der kälteren Jahreszeit Folgen. In diesen Monaten ist die Wassertemperatur im Vorfluter rund 3 $^{\circ}$ C höher als in den höher liegenden Gewässerarmen, was sich in einer leicht erhöhten Temperatur des Künsbach-

ter Baches niederschlägt (Hegelbach 1993, Sätteli 2000). Während länger anhaltender Kälteperioden, insbesondere bei Vereisung des oberen Bacheils, bleibt die Strecke unterhalb der Mündung des Vorfluters eisfrei und ist dann ein beliebter Rückzugsort für viele Wasseramseln. Dadurch ist für die meisten Künsbacher Vögel der ganzjährige Aufenthalt im gleichen Revier möglich, oder das vorhersagbare und stabile Refugium (Vorfluter der ARA selbst, dann der anschließende Bachabschnitt unterhalb der Schwelle 44; Abb. 1) ist nach kurzem Flug erreichbar. Eine risikoreiche Abwanderung der Brutpaare ist nicht nötig; am Künsbacher Bach sind alle Ressourcen während des ganzen Jahres vorhanden und kurzfristig erreichbar.

3.2.11. Angebot an Neststandorten

In den Jahren 1993 bis 1995 brachte ich an verschiedenen Stellen Nisthilfen an. Diese Massnahmen hatten primär nicht die Anhebung des Bestandes, sondern die einfachere Zugänglichkeit zu den Nestern zum Ziel. Die Nisthilfen (fünf Holzkästen, drei Niströhren, ein Sims) platzierte ich an Orten, wo in einer vorherigen Saison schon Nester gebaut worden waren. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass durch die Nisthilfen ein gewisser «künstlicher Anschlag» stattgefunden hat. Allerdings wurden 2002 nur vier dieser neun künstlichen Nisthilfen benutzt, was zeigt, dass genügend natürliche oder naturnahe Gelegenheiten vorhanden sind. Insgesamt kann gefolgert werden, dass das Angebot an Nistplätzen am Künsbacher Bach keine Limite darstellt.

3.2.12. Schlussfolgerungen

Die hier aufgelisteten Anforderungen an ein Wasseramsel-Habitat decken sich mit jenen von Glutz von Blotzheim & Bauer (1988) und Tyler & Ormerod (1994). Diese Bedingungen sind am Künsbacher Bach in bester Weise erfüllt und die hohe Dichte ist damit erklärbar. Allerdings kann für die Bestandsverdoppelung im Untersuchungszeitraum kein einzelner, sondern nur das Zusammenwirken mehrerer oder aller dieser Faktoren verantwortlich sein. Da-

neben scheinen die als negativ bekannten Umstände einen zu geringen Einfluss zu haben. Insbesondere kommen die Wasseramseln mit den hier Erholung suchenden Menschen zu recht und die durchschnittliche Fluchtdistanz ist signifikant kleiner als an einem abgelegenen, von Menschen kaum begangenen Flusslauf in den Alpen (am Küssnacher Bach rund 25 m, an der Tamina bei Vättis, St. Galler-Oberland rund 40 m; Zimmermann 1990). Dabei kommt den Wasseramseln sehr zustatten, dass sie in den störungsintensiveren Sommermonaten ihre Brutaktivitäten längst abgeschlossen haben.

Dank. Mein herzlicher Dank geht an alle über Jahre treuen und zuverlässigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – für ihren Einsatz und ihre Begeisterung an unseren Wasseramseln – Daniela Cook-Sätteli, Stefan Fäs, Karin Hänni, Bruno Koch, Sebastian Meyer, Luzian Reinhardt, Christine Schoop, Silvio Stucki, Brigitte Wolf, Udo Zimmermann und Claudia Zopfi.

Zusammenfassung

Der Küssnacher Bach entwässert am Pfannenstiel, dem alluvialen Moränenzug auf der rechten Seite des Zürichsees, ein Gebiet von 12 km². Der Hauptbach misst von der Quelle bis zur Mündung 8,6 km. Der von den Wasseramseln genutzte Teil beginnt auf 690 m ü.M. und endet bei der Mündung in den Zürichsee auf 406 m ü.M. Zusammen mit den Seitenbächen wird eine Bachstrecke von total 8,05 km durch die Wasseramseln potenziell, d.h. gelegentlich genutzt.

Seit 1987 wird die Entwicklung der hier lebenden Wasseramsel-Population mittels Farbberingung und grossem Beobachtungsaufwand verfolgt. In den 16 Jahren bis 2002 hat sich der Bestand von 7 auf 16 Paare (BP) erhöht. Je nach Berechnungsart (potenziell nutzbare Gewässerlänge von 8,05 km, resp. im Jahr 2002 zur Brutzeit effektiv beanspruchte Gewässerlänge von 6,8 km) erreichte die Dichte den sehr hohen Wert von 2,0, resp. 2,4 BP/km. Die paarweise berechnete Jungenproduktion scheint ihren Höhepunkt im Jahr 1997 mit 7,5 beringten Nestlingen/BP erreicht zu haben; seither findet eine Einpendelung des Bruterfolgs auf ein tieferes Niveau statt. Das dichte Vorkommen lässt sich mit dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren erklären: günstige Höhenlage auf 400 bis 700 m ü.M., starkes und variables Gefälle des Wasserlaufs, ideale Bachstruktur (Geröll, Steine) und Wassertiefe, regelmässiger Wasseranfall über das ganze Jahr, gute Wasserqualität mit einer hohen Sauerstoffsättigung, günstiger Saprobienwert im β -mesosaprobien Bereich, mittelhoher

Kalkgehalt, leicht basischer pH-Wert, im Winter leicht erhöhte Wassertemperatur durch den Vorfluter einer Abwasseranlage, hohe Dichte an aquatischen Invertebraten-Larven und einem ausreichenden Angebot an naturnahen Nistplätzen.

Literatur

- BAUER, H.-G. & P. BERTHOLD (1996): Die Brutvögel Mitteleuropas: Bestand und Gefährdung. Aula, Wiesbaden.
- BOITIER, E. (1998): Densité et facteurs de répartition du Cincle plongeur (*Cinclus cinclus*) dans le pays des Couzes (Puy-de-Dôme). *Alauda* 66: 185–194.
- BREITENMOSER-WÜRSTEN, C. (1997): Nestlingsnahrung und Jungenenwicklung der Wasseramsel *Cinclus cinclus* in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot im Saanenland (Berner Oberland). *Ornithol. Beob.* 94: 295–330.
- BREITENMOSER-WÜRSTEN, C. & C. MARTI (1987): Verbreitung und Siedlungsdichte von Wasseramsel *Cinclus cinclus* und Bergstelze *Motacilla cinerea* im Saanenland (Berner Oberland). *Ornithol. Beob.* 84: 151–172.
- BUCKTON, S., BREWIN, P., LEWIS, A., STEVENS, P. & S. ORMEROD (1998): The distribution of Dippers in the acid-sensitive region of Wales, 1984–95. *Freshwater Biol.* 39: 387–396.
- D'AMICO, F. & G. HEMERY (2003): Calculating census efficiency for river birds: a case study with the White-throated Dipper *Cinclus cinclus* in the Pyrénées. *Ibis* 145: 83–86.
- DEL GUASTA, M. (2003): Distribution of the Dipper (*Cinclus cinclus*) in the Mugello valley (Florence, Italy) in relation to the environmental characteristics of the streams. *Avocetta* 27: 193–2003.
- FÄS, S. (2000): Nestlingsnahrung der Wasseramsel in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot an der Sihl, einem Schweizer Mittelgebirgsfluss. *Dipl. arb. Zool. Mus. Univ. Zürich.*
- FLÖSS, I. & F. NIEVERGELT (1996): Bestand der Bergstelze *Motacilla cinerea* im Küssnacher Tobel. *Ornithol. Beob.* 93: 82–83.
- FRACASSO, G., S. TASINAZZO & F. FACCIN (2000): A population study of the Dipper *Cinclus cinclus* in the Italian Prealps. *Avocetta* 24: 25–38.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. & K. M. BAUER (1988): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*, Bd. 10. Aula, Wiesbaden.
- HÄNNI, K. (1996): Nahrungsangebot der Wasseramsel am Küssnacher Bach, Wehrenbach und Stöckentobelbach im Jahresverlauf. *Dipl. arb. Zool. Mus. Univ. Zürich.* – (2000): Nahrungsangebot der Wasseramsel *Cinclus cinclus* am Küssnacher Bach, Wehrenbach und Stöckentobelbach im Jahresverlauf. *Ornithol. Beob.* 97: 65–66.
- HANTKE, R. (1993): Zur Geologie des Küssnacher Tobels. *Küssnacher Jahresbl.* 33: 89–98.
- HEGELBACH, J. (1993): Die Wasseramsel. *Küssnacher Jahresbl.* 33: 59–72.

- JOST, O. (1975): Zur Ökologie der Wasseramsel (*Cinclus cinclus*) mit besonderer Berücksichtigung ihrer Ernährung. Bonner Zool. Monogr. 6: 1–183.
- KALBE, L. (1997): Limnische Ökologie. Teubner, Stuttgart.
- MEYER, S. (2002): Jahreszeitliche Veränderungen der Revierlänge, Ortstreue und Partnertreue der Wasseramsel *Cinclus cinclus aquaticus*. Ornithol. Beob. 99: 231–232.
- ORMEROD, S., S. TYLER & J. M. LEWIS (1985): Is the breeding distribution of dippers influenced by stream acidity? Bird Study 32: 32–39.
- ORMEROD, S., N. ALLINSON, D. HUDSON & S. TYLER (1986): The distribution of breeding Dippers in relation to stream acidity in upland Wales. Freshwater Biol. 16: 501–507.
- PERIS, S., N. GONZALEZ-SANCHEZ, J. CARNERO, J. VELASCO & A. MASA (1991): Algunos factores que inciden en la densidad y población del Mirlo acuático *Cinclus cinclus* en el centro-occidente de la Peninsula Iberica. Ardeola 38: 11–20.
- ROCHÉ, J. & P. ANDURAIN (1995): Ecologie du Cincle plongeur *Cinclus cinclus* et du Chevalier guignette *Tringa hypoleucos* dans les gorges de la Loire et de l'Allier. Alauda 63: 51–66.
- ROCKENBAUCH, D. (1985): Wasseramsel (*Cinclus c. aquaticus*) und Zivilisation – am Beispiel des Flusssystemes der Fils (Schwäbische Alb). Ökol. Vögel 7: 171–184.
- SÄTTELI, D. (1993): Saisonales Nahrungsangebot der Wasseramsel im Küsnachter Bach unter Einbezug der Wasserqualität. Dipl.arb. Zool. Mus. Univ. Zürich. – (2000): Saisonales Nahrungsangebot der Wasseramsel *Cinclus cinclus* im Küsnachter Bach unter Einbezug der Wasserqualität. Ornithol. Beob. 97: 63–64.
- SCHIFFERLI, L. (1993): Vögel in der Agrarlandschaft der Schweiz. Rev. Suisse Zool. 100: 501–518.
- SCHOOP, C. (1997): Abhängigkeit brutbiologischer Parameter vom Alter bei der Wasseramsel. Dipl.arb. ETH Zürich, Angewandte Entomologie.
- SCHMID, W. (1985): Abundanz und Verbreitung der Wasseramsel (*Cinclus cinclus aquaticus*) im Landkreis Esslingen, Nordwürttemberg, unter besonderer Berücksichtigung von Lauter und Lindach. Ökol. Vögel 7: 161–170.
- SCHMID, H., R. LUDER, B. NAEF-DAENZER, R. GRAF & N. ZBINDEN (1998): Schweizer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Lichtenstein 1993–1996. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- SPITZNAGEL, A. (1985): Jahreszeitliche Veränderungen im Nahrungsangebot und in der Nahrungswahl der Wasseramsel (*Cinclus c. aquaticus*). Ökol. Vögel 7: 239–325. – (1988): Strategien des Nahrungserwerbs bei der Wasseramsel: eine Einführung. Egretta 31: 42–55.
- STUCKI, S. (2001): Ektoparasitismus bei der Wasseramsel: Befall der Nester durch die Nördliche Vogelmilbe *Ornithonyssus sylviarum*. Dipl.arb. Zool. Mus. Univ. Zürich.
- TYLER, S. & S. ORMEROD (1994): The Dippers. Poyser, London.
- VICKERY, J. (1991): Breeding density of Dippers *Cinclus cinclus*, Grey Wagtails *Motacilla cinerea* and Common Sandpipers *Actitis hypoleucos* in relation to the acidity of streams in south-west Scotland. Ibis 133: 178–185.
- WAGNER, S. (1984): Zur Verbreitung und Biologie der Wasseramsel (*Cinclus cinclus*) in Kärnten. Egretta 27: 1–18.
- WOLF, B. (1992): Gesangsaktivität der Wasseramsel in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und Brutzyklus. Dipl.arb. Zool. Mus. Univ. Zürich.
- ZIMMERMANN, U. (1990): Einfluss von Umwelt und Individualität auf das Fluchtverhalten der Wasseramsel. Dipl.arb. Zool. Mus. Univ. Zürich.
- ZOPFI, C. (1988): Territorialität der Wasseramsel am Küsnachter Bach unter Berücksichtigung der Wasserqualität. Dipl.arb. Zool. Mus. Univ. Zürich.

Manuskript eingegangen 11. August 2003
Bereinigte Fassung angenommen 19. März 2004