Bedeutung der Renaturierung und Neuanlage von Gewässern für den Erhalt der Rotbauchunke auf Fünen und den südfünischen Inseln

Anne-Margrethe Andersen

1. Einleitung

In den achtziger Jahren war im Landkreis Fünen, genau wie im übrigen Dänemark, ein starker Rückgang der Rotbauchunkenbestände zu beobachten. Die Laichgewässer waren durch Eutrophierung und Überwucherung bedroht. Der Landkreis Fünen begann deshalb in den Jahren 1983 und 1986 mit der Renaturierung einiger Gewässer. Im Jahr 1989 wurde die Renaturierung fortgesetzt, zusätzlich wurden neue Gewässer angelegt. Im Rahmen der Mitarbeit bei der Renaturierung führte die Autorin an einigen dieser Gewässer Untersuchungen durch.
Von Juni 1990 bis September 1991 erfolgte die Untersuchung von ca. 30 physikalischen und chemischen Parametern in 23 Gewässern. Es handelte sich dabei um Gewässer, die renaturiert bzw. neu angelegt wurden, um die Lebensbedingungen der Rotbauchunken im Landkreis Fünen zu verbessern.
Die Untersuchung sollte klären, ob Faktoren im physikalischen, chemischen oder biologischen Zustand der Gewässer vorhanden waren, die besonderen Einfluß auf Wachstum und Überleben der Larven haben.
Die Gewässer sind auf vier Lokalitäten verteilt. Es handelt sich dabei um drei Inseln und eine Lokalität auf Ostfünen. Auf der Insel Ærø hatten die Rotbauchunken zum letzten Mal im Jahr 1982 gelaicht. An den anderen Lokalitäten gab es 1991 jeweils nur ein Gewässer, in dem Rotbauchunken erfolgreich ablaichten.

2. Methoden

2.1 Käfigversuche mit Kaulquappen

In der Aufzuchtsaison 1991 wurden in 10 Gewässern Freilandversuche mit Rotbauchunkenlarven in Käfigen durchgeführt. Dazu wurde in den Gewässern Laich gesammelt und in Aquarien zum Schlupf gebracht. Im Alter von 14 Tagen wurden die Larven in Netzkäfigen in ausgewählten Gewässern ausgesetzt. Die Käfige sind auf den Fotos 1, 2 und 4 zu sehen. Wachstum und Überleben der Larven wurde während der ganzen Saison überwacht und mit den gemessenen physikalischen und chemischen Parametern in Beziehung gesetzt.
Das Einfangen, Wiegen und Fotografieren der Larven erfolgte wöchentlich. Um die Behandlung so schonend wie möglich durchzuführen, wurden die

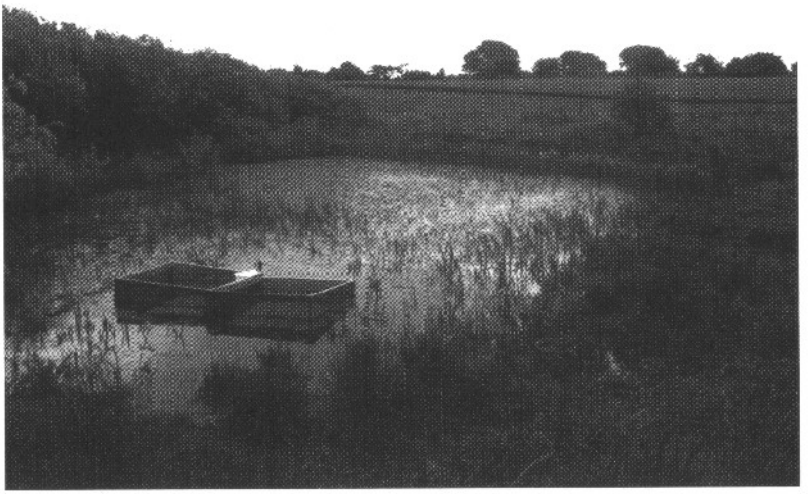


Foto 1: Laichgewässer auf Avernakø.
Dieses Gewässer ist Käfigversuchsgewässer Nr. 1.

Foto 2: Gewässer Nr. 3 auf Avernakø.
Dieses Gewässer ist Käfigversuchsgewässer Nr. 2.

Foto 3: Gewässer Nr. 6 auf Avernakø.
Dieses Gewässer ist Käfigversuchsgewässer Nr. 4.

Foto 4: Gewässer Nr. 11 auf Avernakø.
Dieses Gewässer ist Käfigversuchsgewässer Nr. 5.

Larven in ein kleines Teesieb gebracht und überflüssiges Wasser durch Tupfen des Siebes auf Löschpapier entfernt. Diese Behandlung führte dazu, daß die Wassermenge auf ein Wasserhäutchen um die Larve reduziert wurde, ohne daß die Larve ganz trocken auf einem Löschpapier liegen mußte. Vom Sieb konnte die Larve in einen wassergefüllten Behälter auf der Waage plaziert werden. Da die Waage mit Wasser im Behälter nullgestellt wurde, konnte das Gewicht der Larve inklusive Wasserhäutchen bestimmt werden.

2.2. Nahrung der Larven

In den Jahren der Untersuchung gab es eine laufende Diskussion darüber, ob die Renaturierung möglicherweise einen negativen Effekt auf die Organismen des Gewässers haben könnte, wie z.B. für Insekten, Pflanzen oder die Rotbauchunke, indem beispielsweise die Ernährungsgrundlage der Unkenlarven vernichtet wird.

Es gab kein sicheres Wissen über die Nahrung der Unkenlarven. Eine Theorie besagte, daß sich die Larven ausschließlich von Eisenbakterien (*Leptotrix ochnacea*) ernähren, während andere ein breiteres Nahrungsspektrum der Larven vermuteten.

Um über die Larvennahrung Klarheit zu erhalten, wurden Proben von Belägen auf Pflanzenstengeln von den renaturierten Gewässern und den Laichgewässern ohne Käfigversuch sowie von den Käfigversuchsgewässern eingesammelt. Um identische Verhältnisse zu schaffen, wurden Plastikfolienstücke, auf denen sich Beläge bilden konnten, in der Versuchsperiode in den Gewässern ausgelegt. Diese Folienstücke wurden im Labor untersucht. Die Artenzusammensetzung sowie der Protein- und Chlorophyllinhalt wurden bestimmt. Folgende Methoden kamen zur Anwendung:

Chlorophyll a. DS 2201;

Proteingehalt in Algen: MEYER & WALTHER (1988);

CHN-Analyse von organischenm Kohlenstoff in Algen und Bakterien: KRISTENSEN & ANDERSEN (1987)

2.3. Wasserchemie

In allen Gewässern wurden unter anderem Nährsalze und der pH-Wert bestimmt. Neben möglichen oder früheren Rotbauchunkenlaichgewässern wurden auch einzelne Gewässer aufgrund besonderer Verhältnisse in der näheren Umgebung der Laichgewässer ausgewählt. Zum Beispiel wurde ein Teich, der als Viehtränke diente, und einer auf einem ökologisch bewirtschafteten Acker untersucht, um zu sehen, ob diese Verhältnisse Einfluß auf die Chemie des Gewässers haben.

Zur Messung der Wasserchemie kamen folgende Methoden zur Anwendung:

NO_3-, NO_2-: ARMSTRONG et al. (1967);

NH_4+: SOLARNO (1969)

$PO_4$3-: Dänischer Standard, 292;

Alkalinität: EDMOND (1970).

2.4. Sedimentuntersuchungen

Die Untersuchung der Sedimentstruktur sowie des Inhalts organischer Stoffe und des Wassergehalts erfolgte an Proben aus den obersten 10 cm der Gewässersedimente [Methode: Limnologisk Metodik (1985)].

3. Beschreibung der Lokalitäten

Die 23 Gewässer dieser Untersuchung sind auf vier Lokalitäten verteilt: drei Inseln im Südfünischen Inselmeer und eine auf Ostfünen.

Lokalität 1: Auf der Insel Avernakø wurden 11 Gewässer für die Untersuchung ausgewählt und in fünf Gewässern Käfigversuche vorgenommen. In jedes Gewässer wurden ein bis drei Käfige eingebracht. Vier dieser Gewässer werden hier beschrieben.

Foto 1 zeigt das Gewässer Nr. 1. Dieses Gewässer ist das beste Laichgewässer auf dieser Insel. Es wurde im Jahr 1983 teilweise entschlammt. Die kräftige Vegetation des Gewässers wird von Igelkolben (*Sparganium erectum*) und Flutendem Laichkraut (*Potamogeton natans*) dominiert. Im Frühjahr entwickelten sich auch große Bestände des Wasserhahnenfuß (*Ranunculus aquatilis*). Im

Gewässer	Überlebensrate (%)	Wachstumsrate	Gewicht (g.)	Gewicht / Tag (mg)	Blutegel	Dytiscuslarve	Algen	Bakterien
1	62	0,115	0,70	76	1	1	5	5
3	35	0,126	0,58	78	2	1	3	1
5	48	0,122	0,78	83	2	1	4	3
6	35	0,089	0,76	54	2	1	4	2
11	95	0,157	0,90	110	1	2	5	5
16	90	0,119	1,04	86	0	1	4	4
20	65	0,079	0,60	55	0	0	3	0
21	50	0,056	0,48	40	1	0	4	4
22	70	0,062	0,50	77	0	0	4	4
23	50	0,004	0,28	30	0	0	1	0

Tabelle 1: Übersicht über die an den zehn Käfigversuchsgewässern ermittelten wichtigsten Meßwerte zu Überleben, Zuwachs, Nahrung und Freßfeinde der Larven. Überlebensrate in Prozent, Gewicht für neu metamorphosierte Jungtiere angegeben. Bei Algen und Bakterien bedeuten 5= sehr dicke und artenreiche Belege; 1= sehr dünne Belege einer Art. Anzahl von Blutegeln und Gelbbrandkäferlarven: 2 = sehr viele; 1= einige bis viele; 0 =keine.

Spätsommer war die Wasseroberfläche mit Wasserlinsen (*Lemna trisula*) bedeckt. In dieses Gewässer wurden drei Käfige eingebracht und in jeden Käfig 20 Larven eingesetzt.
Foto 2 zeigt das Gewässer Nr. 2. Dieses Gewässer war durch eine Entenaufzucht stark eutrophiert. Es wurde im Jahr 1989 renaturiert. In den Jahren 1991 und 1992 konnten wieder einzelne Laichballen gefunden werden.
Foto 3 zeigt das Gewässer Nr. 5. Dieses Gewässer ist ein ehemaliger Rotbauchunkenlaichplatz. Es wurde im Jahr 1986 wegen völligem Zuwachsen mit Rohrkolben (*Typha latifolia*) entschlammt.
Foto 4 zeigt Gewässer Nr. 11. Reproduktionsnachweise waren von diesem Gewässer nicht bekannt. Es wurde im Jahr 1989 renaturiert und 1991 konnte hier ein Paar im Amplexus gefunden werden. Dieses Paar wurde in einen Käfig eingesetzt, wo es zu einem schnellen Ablaichen kam. Eine Woche davor war ein Massenvorkommen von Fadenalgen, das die gesamte Wasseroberfläche bedeckt hatte, manuell entfernt worden.

Lokalität 2: Auf der Insel Ærø hatten Rotbauchunken zum letzten Mal im Jahr 1982 gelaicht. Bei diesem ehemaligen Laichgewässer handelte es sich um eine alte Viehtränke. Dort wurde ein Käfig eingesetzt.

Lokalität 3: Auf der Insel Hjortø gab es 1989 noch ein Laichgewässer. Es ist ein früherer Gemeinschaftsteich auf einer Fläche, die noch heute mit Schafen beweidet wird. Das Gewässer wurde im Jahr 1989 renaturiert. Der Erfolg der Renaturierung ist in Abbildung 2 dargestellt. Auf dieser Insel wurde ein Käfigversuch in einem neu angelegten Gewässer durchgeführt.

Lokalität 4: Eine tiefe Lehmgrube in Südostfünen ist der letzte Laichplatz der Rotbauchunken auf Fünen. In den siebziger Jahren wurden hier Karauschen ausgesetzt, wodurch der Reproduktionserfolg vermutlich kräftig reduziert wurde. Zwei neue, kleinere Gewässer wurden 1987 in der Lehmgrube ausgehoben und deren Verbindung zum großen Gewässer mit Fischbestand unterbrochen. Der Reproduktionserfolg der Unken in den darauffolgenden Jahren ist in Abbildung 3 dargestellt. Im Jahr 1989 wurde versuchsweise ein weiteres neues Gewässer in der offenen Flur in der Nähe der Lehmgrube angelegt.

4. Resultate

4.1 Wachstum der Larven

Eine Übersicht der wichtigsten Ergebnisse aus den zehn Käfigversuchsgewässern ist in der Tabelle 1 zu sehen. Die Überlebens- und Wachstumsrate der Larven sowie das Gewicht bei der Metamorphose sind im Vergleich mit der Menge von Freßfeinden und mit der Nahrungsgrundlage in Form von Algen- und Bakterienmengen angegeben. Ein Zusammenhang von sehr dikken und artenreichen Belägen und dem Wachstum und Überleben der Larven wird dabei deutlich. Die niedrigste Überlebensrate tritt bei hohen Blutegelvorkommen auf. Eine Ausnahme bildet Gewässer Nr. 23, wo die hohe Mortalitätsrate vermutlich auf Nahrungsmangel zurückzuführen ist.

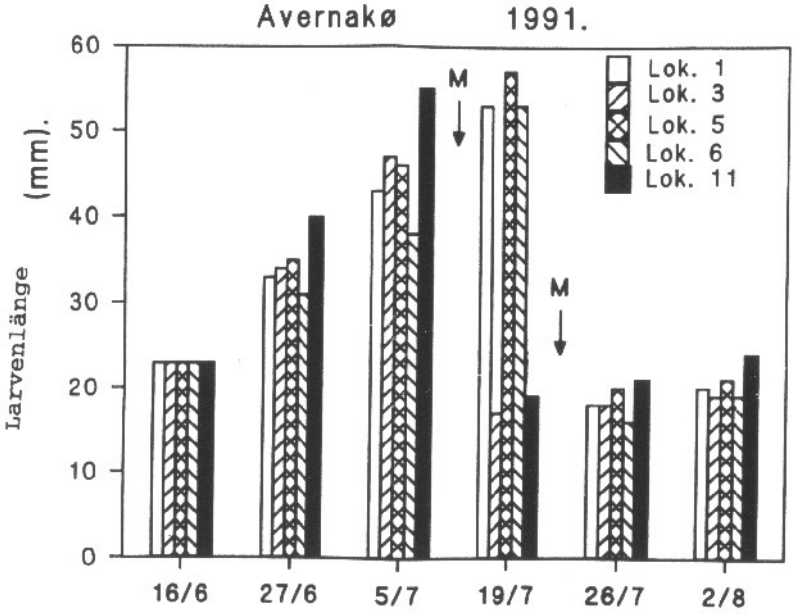
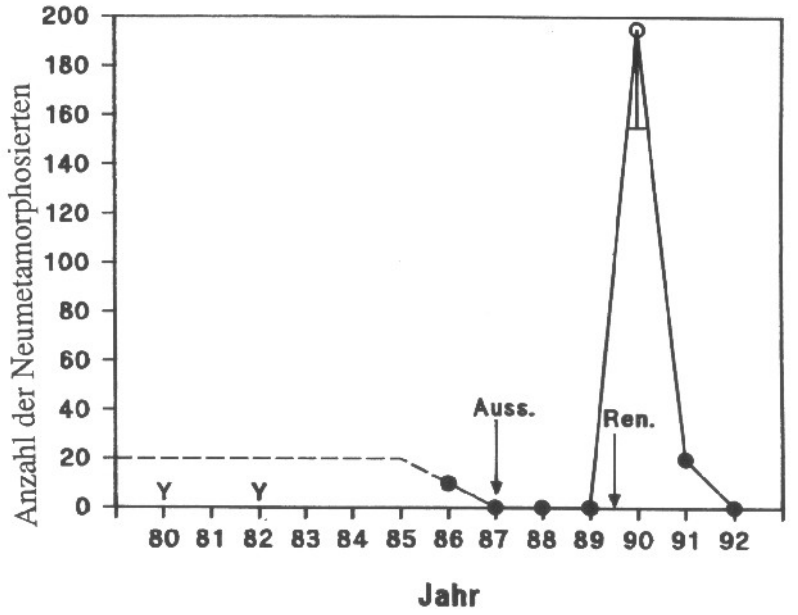


Abb. 1: Wachstum der Larven in den fünf Käfigversuchsgewässern. Es ist als Funktion der Zeit abgebildet. Der Pfeil und "M" zeigen den Beginn der Metamorphose.

Abb. 2. Anzahl der neumetamorphosierten Rotbauchunken von 1980 bis 1992 im Laichgewässer auf Hjorto. 1987 wurden kleine aufgezogene Unken ausgesetzt. ("Auss.") 1989 gab es keinen Laicherfolg. Im Winter 89 wurde das Gewässer renaturiert. ("Ren.")



Mit statistischen Methoden (Multiple Regression und Diskriminanzanalyse; SYSSTAT, 1990) wurde beurteilt, welche der ungefähr 30 aufgenommenen Parameter Bedeutung für das Überleben der Larven, das Gewicht der frischumgewandelten Unken und die Wachstumsrate hatten.
Das Wachstum in den fünf Käfigversuchsgewässern auf der Insel Avernakø ist in der Abbildung 1 zu sehen. Das Wachstum der Larven ist dabei als Funktion der Zeit abgebildet. Der Pfeil und M (Metamorphose) bezeichen den Zeitpunkt, an dem die Umwandlung der Larven beginnt.
Die statistischen Ergebnisse der Käfigversuche deuten darauf hin, daß das Vorkommen der beiden Pflanzenarten Igelkolben und Wasserhahnenfuß sowie die Wassertemperatur die größte Bedeutung für die Wachstumsrate der Larven besitzen.
Das Gewicht der Jungunken zeigte eine Abhängigkeit vom Vorkommen verschiedener Algen. Sehr große Bedeutung hat auch der Proteingehalt der Beläge. Schließlich war das Gewicht der Unken auch von der Wassertemperatur abhängig.

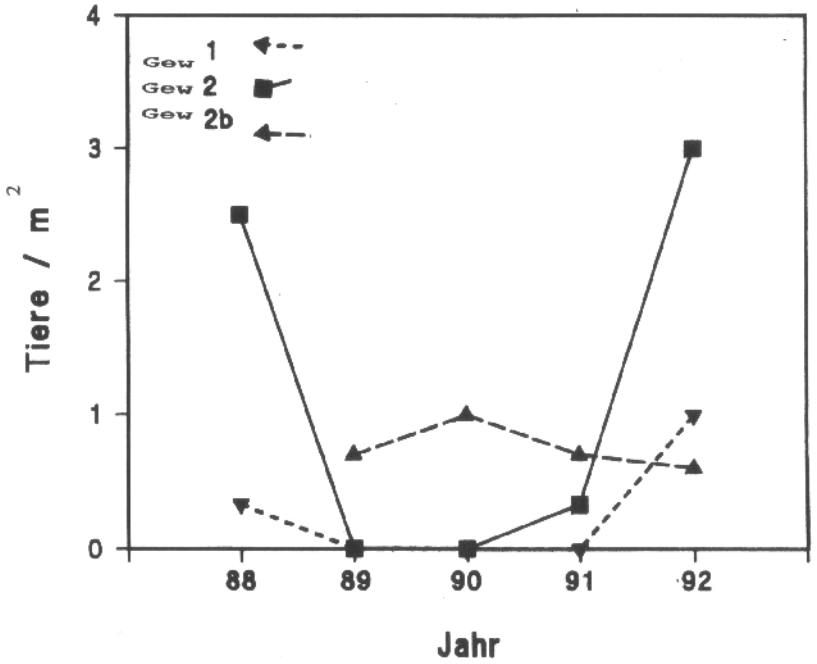


Abb. 3: Anzahl der Rotbauchunken je Quadratmeter in den neuen Gewässer auf Südostfünen (Lokalität 4) im Zeitraum zwischen 1988 und 1992. Die Gewässer 1 sowie 2 wurden 1987 und das Gewässer 2b 1989 angelegt.

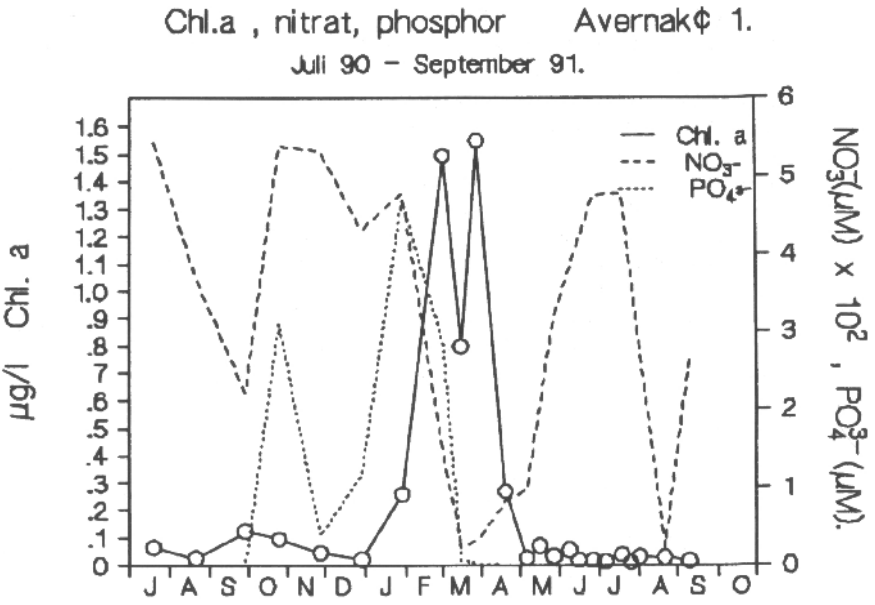


Abb. 4: Schwankungen des Nitrat-, Phosphor- und Chlorophyllgehaltes während der Meßperiode von Juni 1990 bis September 1991 im Gewässer 1 auf der Insel Avernako.

Die Ergebnisse der Untersuchung deuten darauf hin, daß der Blutegel (*Haemopis sanguisuga*) als Freßfeind den größten Einfluß auf das Überleben der Larven besitzt, während Gelbrandkäferlarven (*Dytiscus marginalis*) als Freßfeinde in den untersuchten Gewässern eine geringere Bedeutung besitzen.

4.2 Gewässerrenaturierung und -neuanlage

Zwei Beispiele, die erfolgreiche Renaturierung eines alten Laichgewässers und die Neuanlage eines Gewässers, werden im folgenden beschrieben.
Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für die Bedeutung der Renaturierung. In dem ursprünglichen Laichgewässer auf der Insel Hjortø war die Anzahl frisch umgewandelter Unken in den achtziger Jahren stark zurückgegangen. 1987 wurden frisch umgewandelte Unken, die im Labor aufgezogen worden waren, ausgesetzt. Nach der Renaturierung im Jahr 1989 gab es im Jahr 1990 einen großen Reproduktionserfolg. Danach ging die Reproduktionsrate wieder zurück.
Die Abbildung 3 zeigt ein Beispiel von der Lokalität 4. Die Gewässer 1 und 2 wurden im Jahr 1987 in der Nähe des alten Laichgewässers, in das Fische eingesetzt wurden, angelegt. Schon im Jahr 1988 konnte in diesen neuen Ge-

wässern ein guter Reproduktionserfolg registriert werden, der in den Jahren 1989 und 1990 wieder abnahm. Einiges deutet darauf hin, daß sich die gewässer in einer neuen Phase befinden, denn im Jahr 1991 stieg der Reproduktionserfolg wieder und war im Jahr 1992 genau so groß wie unmittelbar nach der Neuanlage.
Gewässer 2b wurde in jedem jahr schonend renaturiert. Hier sieht man einen kleinen aber konstanten Reproduktionserfolg.

4.3. Wasserchemie

Die Abbildung 4 gibt ein Beispiel für die Schwankungen des Nährsalz- und Chlorphyllgehaltes während der Meßperiode. Die Daten entstammen dem alten Laichgewässer auf der Insel Avernakø. Das Gewässer wurde 1983 renaturiert und hatte in der Meßperiode eine dicke Schlammschicht und eine große Pflanzen-Biomasse. Man sieht, daß Nitrat in der Winterpause akkumuliert und im Frühjahr beim Algenwachstum schnell wieder verbraucht wird. Es wird weiterhin deutlich, daß Phosphor in der Sommerperiode freigesetzt wird und nur in der kurzen Zeit, wenn ausreichend Nitrat für die Algenproduktion vorhanden ist, verbraucht wird.
Die pH-Werte in allen 23 Gewässern lagen zwischen 6,8 und 10,5. In den stabilsten Laichgewässern gab es nur geringe Änderungen des pH-Werts. Die sehr hohen Werte traten meistens im Sommer in Gewässern mit Massenentwicklung von Fadenalgen auf.

5. Diskussion und Zusammenfassung

Kennzeichnend für die Gewässer mit den größten Wachstums- und Überlebensraten der Rotbauchunkenlarven war, daß sie eine große Produktivität und einen hohen Artenreichtum von Algen, Wasserinsekten und Amphibien aufwiesen. Die Gewässer waren gemäß der Nährsalzkonzentration als mesotroph bis eutroph einzustufen, wiesen jedoch nur geringe Schwankungen bei den wasserchemischen Parametern auf.
Das stabilste Rotbauchunkenlaichgewässer war das Gewässer 1 auf der Insel Avernakø. Die Unken hatten hier sehr gute Reproduktionserfolge in den Jahren 1990, 1991 und 1992. Die wasserchemischen Parameter in diesem Gewässer waren durch geringe Schwankungen und Variation gekennzeichnet. Das Gewässer besitzt eine dicke Schlammschicht mit hohem Wassergehalt und einem großen Inhalt organischer Stoffe.
Im Gewässer 1 erreichten die Larven nicht die größten Gewichte, weder den frühesten Zeitpunkt der Metamorphose noch die größte Überlebensrate. Aber hier finden die Unken ein Gewässer vor, das im Hinblick auf ein reiches Nahrungsangebot und ein Gleichgewicht mit natürlichen Freßfeinden über einen langen Zeitraum stabil ist. Für die Larven existieren dadurch gleichartige und ausreichende Wachstumsbedingungen.

Ein gutes Rotbauchunkenlaichgewässer ist durch eine große Stabilität in den physikalischen und chemischen Parametern charakterisiert. Es hat eine dicke Schlammschicht mit großem Wassergehalt. Die Vegetation besteht hauptsächlich aus reichen Beständen von
Igelkolben mit dicken und artenreichen Algenbelägen. Zwischen den Pflanzen existiert viel freies Wasser. In den Gewässern laichen viele Amphibienarten und es herrscht offensichtlich ein Gleichgewicht zwischen diesen und ihren Prädatoren. Das Gewässer ist sonnenexponiert und hat eine Wassertemperatur, die die Wachstumsrate der Larven vergrößert.
Bei starken Zuwachsen oder Überdüngung eines früher guten Gewässers ist eine Renaturierung vorteilhaft, vorausgesetzt eine kleine Schlammschicht wird zurückgelassen, damit sich das biologische Gleichgewicht wieder einstellt.
Bei der Anlage neuer Gewässer für Rotbauchunken kann man mit Erfolg die Beschreibung des idealen Gewässers als Schablone benutzen.
Die Entwicklung eines neuen Gewässers kann durch Zufuhr von Sedimenten eines funktionierenden Unkengewässers gefördert werden. Gleichzeitig sollte eine Pflanzung von für Rotbauchunken besonders geeigneten Arten, wie Igelkolben (*Sparganium erectum*), Wasserhahnenfuß (*Ranunculus aquatilis*), Flutendes Laichkraut (*Potamogeton natans*), Sumpfsimse (*Eleocharis palustris*) und Froschlöffel (*Alisma plantago-aquatica*), vorgenommen werden.

6. Literatur

ANDERSEN, A. (1992): Funktion og nygraving af vandhuller med henblik på klokkefrøens bevarelse på Fyn og Sydfynske øer. - Biologisk Institut, Odense Universitet

ARMSTRONG, F.A.J. et al. (1967): The measurement of upwelling and subsequent biological processes by means of the Tecnicon Autoanalyzer and associated equiptment. - Deep-Sea Research 14: 381-389

BRIGGS, L. (1993): Populationsbiologi hos klokkefrø med særligt henblik på artens bevarelse i Danmark. - Biologisk Institut, Odense Universitet

EDMOND, J.M. (1970): High precision determination of titration alkalinity and total carbon dioxide of sea water by potentiometric titration. - Deep-Sea Research 17: 737-750

(1985): Limnologisk Metodik. - Akademisk Forlag

MEYER & WALTHER (1988): Protein-Methods.

KRISTENSEN, E. & F.Ø. ANDERSEN (1987): Determinatin of organic carbon in marin sediments: a comparison of two CHN-analyzer methods. - J.Mar.Biol. 109: 15-23

SOLARZONA (1969): Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorine method. - Limnol. Oceanogr. 14: 799-801

SYSTAT (1990): WILKENSON, LELAND, SYSTAT: The System for Statistics. - Evanston Il. (Systat. Inc.)

Anschrift der Verfasserin:
Anne-Magarethe Andersen
Kronborgvej 7
DK-5600 Faborg