

Populationsdynamische Untersuchungen an Rotbauchunken-Populationen mit verschiedenen Landbiotopen

Lars Briggs

Einleitung

Es gibt in Dänemark acht isolierte Rotbauchunkenpopulationen, an sechs dieser Vorkommen wurden populationsdynamische Untersuchungen durchgeführt. Alle Populationen sind klein (50-500 Individuen). Die isolierten Vorkommen umfassen zwischen einem und zehn Gewässer.

Beschreibung der Lebensräume

Die Nutzungen in der Umgebung der sechs untersuchten Vorkommen waren sehr unterschiedlich. (Die Buchstaben bezeichnen die einzelnen Vorkommen.) In zwei Vorkommen (TS und E) herrschte Freizeitnutzung (Camping, Ferienhäuser) vor, in zwei weiteren (A und Æ) zu 90% Intensivackerland, die restlichen 10% der Flächen waren ungenutzt, ein Vorkommen (H) hatte zu 50 % Pflanzenzucht zu 50 % unangebautes Areal. In einem weiteren (KO) lagen 100 % der Flächen brach. Vier der untersuchten Vorkommen liegen auf Fünen, zwei auf Seeland.

Methoden

Definition der Altersklassen

Als „Neumetamorphosierte“ werden Jungtiere bezeichnet, die im Zeitraum zwischen der Metamorphose und der ersten Überwinterung Mitte September gefangen wurden.

Als „Juvenile“ werden einjährige Jungtiere bezeichnet, die zwischen Mitte April und Mitte Juli im Jahr nach der Metamorphose gefangen wurden. Als „Adulte“ werden Individuen bezeichnet, die zweimal überwintert haben oder älter sind.

Markierungstechnik

Rotbauchunken zeigen lebenslang ein individuell verschiedenes Farbmuster auf dem Bauch, das vom zweiten Monat nach der Metamorphose an vollständig ausgebildet ist. Zusätzlich ist eine individuelle Unterscheidung an Hand des Rückenmusters möglich. Dieses Muster ist bereits vor Abschluß der Metamorphose, wenn die Larve bereits vier Beine und einen abgeflachten Rumpf, aber noch einen langen Schwanz hat, zu erkennen.

Sowohl Bauch- als auch Rückenmuster wurden zur individuellen Wiederer

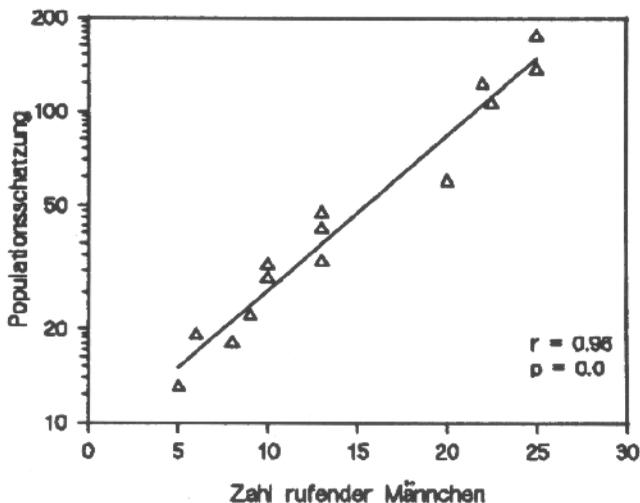


Abb. 1. Populationsschätzung nach der Fang-Wiederfang-Methode und Zahl rufender Männchen. $N=8,526 \text{ mal } 10 \text{ hoch } 0,0946x$; wobei gilt: $5 < x < 25$.

kennung mit Hilfe von Fotos, die in einer 10 x 15 cm großen Küvette aufgenommen wurden, genutzt.

Schätzung der Gesamtpopulation bzw. der Populationsgröße eines Jahrgangs

Fang-Wiederfang

Die Unken wurden an mindestens zwei verschiedenen Tagen mit dem Kescher gefangen. Am ersten Tag wurde versucht, alle Tiere zu fangen, was bedeutet, daß die Fangaktion fortgeführt wurde, selbst wenn es lange Zeit dauerte (bis 20 Minuten), um eine Unke zu fangen. Die Populationsschätzung erfolgte nach der Peterson/Licohn-Methode (OTIS et al. 1978), wobei die Populationsgröße N nach der Formel berechnet wird:

$$N = \frac{A1 * A2}{G}$$

$$\text{Standardabweichung (SD)} = \sqrt{N + \frac{N^3 - N^2 (A1 + A2)}{A1 \times A2}}$$

Dabei bedeutet $A1$ die Anzahl der am ersten Tag gefangenen Tiere, $A2$ die Anzahl der am zweiten Tag gefangenen Tiere und G die Anzahl der Wiederfänge. Vorausgesetzt, die Schätzungen von N ergeben annähernd eine Normalverteilung, lassen sich die 95%-Vertrauensgrenzen für N berechnen nach $N \pm 1,96 \text{ mal } \text{SD}$.

Populationsschätzung nach der Anzahl rufender Männchen

Rufende Männchen wurden gezählt, indem jedes einzelne Männchen mit Hilfe eines Fernglases lokalisiert wurde. Die Position der Männchen wurde auf einer Karte des Gewässers markiert, später konnten sie gezählt werden. In Gewässern mit hoher Vegetation wurden die Männchen nur an Hand des Rufes lokalisiert. Die Anzahl rufender Männchen kann in einigen Fällen zur quantitativen Abschätzung der Population genutzt werden. Dabei ist es jedoch wichtig, die Gewässer gut zu kennen und mindestens drei Begehungen pro Saison bei gutem Wetter durchzuführen. Die Männchen müssen zwischen Mitte April und Mitte Juni gezählt werden. Die Zählungen wurden nachmittags bei warmem Wetter durchgeführt, an sehr warmen Tagen können auch abendliche Zählungen genutzt werden.

Abbildung 1 zeigt die Korrelation zwischen Populationsschätzungen nach der Fang-Wiederfang-Methode und der Anzahl rufender Männchen bei 5 bis 25 Männchen. Die Varianz um die eingezeichnete Linie wurde ermittelt, indem die Varianz von $\log(N)$ mit $1-r^2$ multipliziert wurde. Wenn die Abweichung um die Linie eine Normalverteilung hat, entspricht ein 95% Vertrauensbereich (U) der Varianz um die Linie multipliziert mit 1,96:

$$U = \pm 1,96 \sqrt{\text{var}(\log N) \times (1 - 0,957)}$$

= $\pm 0,145$

Wird der Antilogarithmus von $\pm 0,145$ ermittelt, so erhält man 0,72 und 1,40. Das bedeutet, daß die ermittelte Anzahl rufender Männchen und die Populationsschätzung N mit einem Vertrauensbereich von 95 % übereinstimmen (= $0,72 \times N - 1,14 \times N$). Die Populationsschätzungen basierend auf der Anzahl rufender Männchen werden bei der Berechnung der Überlebensraten mit M_k und M_{k+L} bezeichnet. Sie werden in Tabelle 1 genauer erklärt.

Schätzung der Überlebensrate Neumetamorphosierter (0 Jahre) zu Juvenilen (1 Jahr) und jährliche Überlebensrate von Juvenilen zu Adulten (bis 2 Jahre)

Für verschiedene Altersklassen der Unken wurde die jährliche Überlebensrate berechnet. Die Populationsgröße einer Altersklasse (ausgenommen die Neumetamorphosierten) kann nur aus Daten, die zwischen Anfang Mai und Mitte Juli gewonnen wurden, berechnet werden. Der als "jährliche Überlebensrate" betrachtete Zeitraum kann also zwischen 10 Monaten (von Juli bis Mai) und 14 Monaten (von Mai bis Juli) variieren. Für die Neumetamorphosierten, bei denen die Populationschätzung im August/ September erfolgte, bezieht sich die "jährliche" Überlebensrate auf einen Zeitraum von 9-11 Monaten. Auf Grund angenommener unterschiedlicher Überlebensraten während der unterschiedlichen Lebensphasen in einem Jahr (Überwinterung, Fortpflanzungsperiode, Ernährungsperiode und Land/Wasser-Wanderungsperiode) können die Resultate nicht auf einen exakten 12-Monate-Zeitraum extrapoliert werden. Ich habe den Eindruck gewonnen, daß die

Method	Jahr K	Jahr K+L	Überlebensrate nach L Jahren
1	a	X_L	$\frac{X_L}{X}$
	b	$X_{>L}$	$\frac{X_{>L}}{X}$
2	a	N_X	$\frac{N_X}{X}$
	b	$N_{X>L}$	$\frac{N_{X>L}}{X}$
3	X	$\frac{X_L N}{P}$	$\frac{X_L}{X} \cdot \frac{N}{P}$
4	M_K	M_{K+L}	$\frac{M_{K+L}}{M_K}$
5	Frigesetzt X	M_{K+L}	$\frac{M_{K+L}}{X}$
6	N_K	N_{K+L}	$\frac{N_{K+L}}{N_K}$

Tabelle 1: Methoden für die Schätzung jährlicher Überlebensraten in kleinen abgeschlossenen Populationen (Überlebensrate von Jahr K bis Jahr K + L).

Mortalitätsrate von *Bombina bombina* während der Fortpflanzungs- und Ernährungsperiode im Gewässer (Anfang Mai bis Mitte Juli) besonders gering ist. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die für diese Untersuchung entwickelten bzw. verwendeten Methoden zur Populationsschätzung.

Die folgenden Angaben gelten für unabhängige Altersklassen:

- X Anzahl der im ersten Jahr markierten Unken (Jahr K)
- X_L Anzahl der Unken von X, die im Jahr K + L wiedergefangen wurden
- $X_{>L}$ Anzahl der Unken von X, die im Jahr K + L oder später wiedergefangen wurden
- N_X Anzahl der Unken berechnet nach Fang-Wiederfang auf der Basis der Anzahl X
- $N_{X>L}$ Anzahl der Unken berechnet nach Fang-Wiederfang auf der Basis der Anzahl X nach Fängen über mehrere Jahre nach Jahr L. Der Erstfang ist immer im Jahr L
- N Anzahl der Unken berechnet nach Fang-Wiederfang
- N_K Anzahl der Unken berechnet nach Fang-Wiederfang im Jahr K
- N_{K+L} Anzahl der Unken berechnet nach Fang-Wiederfang im Jahr K+L.

F Anzahl gefangener Unken
 M_K und M_{K+L} Anzahl der Unken berechnet nach der Anzahl rufender
 Männchen im Jahr K und im Jahr K+L (Abb.1)

Methode 1

Durch diese Methode erhält man einen Minimalwert für die Überlebensrate. Die Methode kann nur dort angewendet werden, wo die Möglichkeit besteht, annähernd alle Unken eines Gewässers oder einer Gruppe von Gewässern während einer Saison zu fangen. Deswegen kommt das Ergebnis der wirklichen jährlichen Überlebensrate sehr nahe. Die Methode kann dort angewendet werden, wo ein geringerer Prozentsatz (als 50 %) aller Unken in einer Saison gefangen wurde, wenn es notwendig ist einen Minimalwert für die Überlebensrate zu kennen. In diesem Fall kann der Minimalwert für die Überlebensrate als eine Untergrenze bei der Berechnung der Vertrauensgrenzen für Schätzungen, die mit den Methoden 2-6 ermittelt wurden, benutzt werden. Die Methode 1 wird vorwiegend bei isolierten Populationen in einem Gewässer verwendet.

Methode 2

Die Annahmen für die Fang-Wiederfangschätzung müssen erfüllt werden (OTIS 1978). Die Spannweite der Vertrauensgrenzen ist lediglich abhängig von der Fang-Wiederfang-Schätzung im Jahr K+L. Die Methode 2 wird vorwiegend bei isolierten Populationen in einem Gewässer verwendet.

Methode 3

Die Annahmen für die Fang-Wiederfangschätzung müssen erfüllt werden (OTIS 1978). Es gilt die Annahme, daß das Verhältnis X_L/F gleich der wahren Anzahl überlebender Unken geteilt durch N ist. Die Spannweite der Vertrauensgrenzen ist lediglich abhängig von der von der Fang-Wiederfang-Schätzung im Jahr K+L. Die Methode 2 wird vorwiegend bei isolierten Populationen in einem Gewässer verwendet.

Methode 4

Diese Methode kann nur verwendet werden, wenn keine neuen Männchen zwischen den Jahren K und K+L in der Population auftreten. Das bedeutet, der Reproduktionserfolg der Population zwischen den Jahren K-2 und K+L-2 muß Null sein. Die Spannweite der Vertrauensgrenzen (entnommen aus Abb. 8) aus zwei oder mehr Schätzungen (von Jahr K bis Jahr K+L) muß ergänzt werden. Dabei tritt die Gefahr auf, daß die Gruppe der zweijährigen Unken zu gering geschätzt wird, wenn nicht alle zweijährigen Männchen so weit entwickelt sind, daß sie rufen. Methode 4 wird vorwiegend bei Gewässerkomplexen und in abnehmenden Populationen verwendet.

Methode 5

Diese Methode zeigt die Überlebensrate freigesetzter Jungtiere in einem Vorkommen, das keine oder sehr wenige Tiere hervorbringt. Die Spannweite der Vertrauensgrenzen ist lediglich abhängig von der Fang-Wiederfang-Schätzung im Jahr K+L. Diese Methode ergibt nur eine Schätzung der Überlebensrate, die über zwei verschiedene Perioden berechnet wird:

1. Zeitraum von der Metamorphose bis zum 1. Jahr.

2. Zeitraum vom 1. Jahr bis zur Geschlechtsreife.

Diese beiden Zeiträume weisen sehr unterschiedliche Überlebensraten auf. Die Ergebnisse sind deswegen nur vergleichbar, wenn sie über die gleiche Anzahl von Jahren berechnet wurden. Diese Methode kann nicht zur Beschreibung von Populationsentwicklungen verwendet werden, eignet sich aber für den Vergleich der Überlebensrate freigesetzter Jungtiere in verschiedenen Landschaftstypen. Die Methode wurde nur in der Abb. 5 benutzt.

Methode 6

Diese Methode zeigt die jährliche Überlebensrate in einer Population, in der weder eine erfolgreiche Reproduktion noch eine Zuwanderung vom Jahr K zum Jahr K+L festzustellen ist. Dabei gibt es Vertrauensgrenzen der Populationsschätzungen in beiden Jahren (K und K+L). Die Addition dieser beiden Vertrauensgrenzen ergibt oft große Vertrauensgrenzen für die Schätzung der Überlebensraten.

Die Annahmen für die Fang-Wiederfangschätzung müssen erfüllt werden (OTIS 1978). Die Methode 6 wird nur verwendet, um die Überlebensrate der neometamorphosierten Unken im ersten Lebensjahr zu berechnen.

Beeinflussung der Populationsschätzung durch Zu- und Abwanderung

Zu- und Abwanderung vom Gewässer kann bei den Methoden 1,2,3 und 6, die auf einem einzelnen Gewässer basieren, zu falschen Schätzungen der Überlebensrate führen. Fang-Wiederfang wurde in allen Populationen mit einem zentralen Gewässer und regelmäßigem Fortpflanzungserfolg und umliegenden "Satellitengewässern" mit wenigen Individuen ohne Fortpflanzungserfolg durchgeführt. Bei den Fangaktionen wurden die umliegenden Gewässer mit einbezogen. Dabei kann ein Fehler auftreten, denn es ist nicht immer möglich, den gleichen Prozentsatz von Individuen in einem Gewässer mit 50 Unken (Zentralgewässer) wie in einem mit 5 Unken (Satellitengewässer) zu fangen.

95% Vertrauensgrenzen für jährliche Überlebensraten

Die Vertrauensgrenzen für die jährlichen Überlebensraten sind direkt berechnet aus den Vertrauensgrenzen, die für die Populationsschätzungen N , N_x , $N_{x>L}$ und M_{K+L} nach den Methoden 2, 3 und 5 ermittelt wurden. Bei den Methoden 4 und 6, bei denen 2 Vertrauensgrenzen (eine für Jahr K und eine für Jahr K+L) in eine Vertrauensgrenze für die jährliche Überlebensrate umgerechnet werden müssen, erfolgt die Berechnung wie folgt: Wenn die Wahrscheinlichkeit 0,05 beträgt, daß eine Schätzung gleichzeitig außerhalb beider Intervalle der Standardabweichung (SD) liegt, dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Schätzung außerhalb eines Intervalls der SD ist, gleich der Quadratwurzel aus 0,05 (= 0,224). Das bedeutet, daß zur Berechnung der Grenzen der Abweichung in jeder der beiden Populationsschätzungen im Jahr K und im Jahr K+L das Produkt aus $1,217 \times SD$ benutzt wird. Diese Grenzen für diese Abweichung kommen den wirklichen 95%-

Vertrauensgrenzen sehr nahe. Es gibt vermutlich genauere mathematische Methoden zur Berechnung der 95% Vertrauensgrenzen, aber die angewandte Methode scheint für dieses Projekt ausreichend zu sein.

Demografie

Tabellen und Kurven für Voraussagen (Abb. 10) wurden auf der Basis der Theorie von HEDRICK (1984) erstellt. Grundlagen für die Voraussagen der Populationsentwicklungen waren die Populationsschätzungen der Jahre 1990-1992, als Zeitpunkt Null. Folgende Überlebensraten wurden benutzt:

- vom Ei zum neumetamorphosierten Jungtier,
- vom neumetamorphosierten Jungtier zum einjährigen Jungtier sowie
- jährliche Überlebensraten von Einjährigen und Adulten zusammengefaßt.

HEDRICK (1984) berechnet die Netto-Austauschrate R_0 mit der stillschweigenden Annahme, daß die Todesrate adulter Unken nur in sehr geringer Beziehung zum jährlichen Reproduktionsüberschuß steht. Bei den Rotbauchunken tritt in einigen Gebieten der Fall auf, daß die jährliche Überlebensrate der Adulten hoch und die Reproduktion sehr gering ist. Dadurch entsteht ein geringer Fehler bei R_0 .

Es ist erstrebenswert, eine Gleichung zu entwickeln, die die Beziehung zwischen den Überlebensraten Juveniler/Adulten (1 Jahr alt und adult) P_{j-ad} und den Larven P_{h-n} ausdrückt. Diese Gleichung ist wichtig, um abschätzen zu können, ob die Überlebensrate der Larven P_{h-n} groß genug ist, um die Todesrate der Juvenilen und Adulten auszugleichen.

Die Gleichung kann aus den drei folgenden Gleichungen abgeleitet werden. Dabei bedeutet:

P_{e-h} Überlebenswahrscheinlichkeit vom Ei zum Schüpfling

P_{h-n} Überlebenswahrscheinlichkeit vom Schlüpfling zum neumetamorphosierten Jungtier

P_{n-j} Überlebenswahrscheinlichkeit vom neumetamorphosierten Jungtier zum Juvenilen (1 Jahr)

P_{j-ad} Überlebenswahrscheinlichkeit der Juvenilen/Adulten

P_{e-2y} Überlebenswahrscheinlichkeit vom Ei zur zweijährigen Unke

P_{e-2y} kann nicht direkt ermittelt, sondern muß aus der Gleichung 1 errechnet werden:

$$\text{Gleichung 1: } P_{e-2y} = P_{e-h} \times P_{h-n} \times P_{n-j} \times P_{j-ad}$$

Die Beziehung zwischen P_{n-j} und P_{j-ad} wurde durch lineare Regression eines Datensatzes (P_{j-ad} , P_{n-j}) ermittelt, der von verschiedenen Vorkommen in verschiedenen Jahren entnommen wurde. Daraus folgt eine Gleichung, in der A und B Regressionskonstanten sind:

$$\text{Gleichung 2: } P_{n-j} = A P_{j-\text{ad}} + B$$

Die Annahme für eine Population im Gleichgewicht ist $R_0 = 1$:

$$\sum_{x=0}^n l_x m_x = 1$$

wobei l_x der Anteil Überlebender bis zum Zeitpunkt x und m_x die durchschnittliche Anzahl von Eiern pro Individuum mit dem Alter x ist (HEDRICK 1984).

Das Verhältnis Männchen: Weibchen beträgt nach eigenen Untersuchungen (BRIGGS 1993) 1. Ein zweijähriges Weibchen setzt ungefähr 300 Eier pro Saison, ältere Weibchen ungefähr 450 Eier pro Saison ab (BRIGGS 1993). Es wird von der Annahme ausgegangen, daß die jährliche Überlebenswahrscheinlichkeit für Unken, die älter als zwei Jahre sind, durch $(P_{j-\text{ad}})$ ausgedrückt wird und daß die Überlebenswahrscheinlichkeit aller Juvenilen (1 Jahr) und Adulten von 2 bis 12 Jahre gleich ist. Die älteste registrierte Unke war mindestens 12 Jahre alt. Es wird angenommen, daß alle Unken sterben, wenn sie 12 Jahre alt sind. Auf diesen Annahmen basiert die folgende Gleichung:

$$\text{Gleichung 3: } \sum_{x=0}^n l_x m_x = 150 \times P_{e-2y} + 225 P_{e-2y} \sum_{x=3}^{12} (P_{j-\text{ad}})^{x-2} = 1$$

Gleichung 4 drückt die Überlebenswahrscheinlichkeit der Larven P_{k-n} aus, wenn die Überlebenswahrscheinlichkeit der Juvenilen/Adulten bekannt ist, wobei notwendigerweise $R_0=1$ ist. Man erhält sie, indem in der Gleichung 1 P_{n-j} durch $A P_{j-\text{ad}}$ aus Gleichung 2 ersetzt wird und in der Gleichung 3 P_{w-2y} durch $P_{e-h} \times P_{h-n} \times P_{n-j} \times P_{j-\text{ad}}$ aus Gleichung 1 ersetzt wird. P_{e-h} wird als Konstante (0,94) berechnet, weil herausgefunden wurde, daß der Wert in Gewässern mit guter Wasserqualität relativ konstant ist (BRIGGS 1993). In Gewässern mit schlechter Wasserqualität ist P_{e-h} gleich Null, so daß die Gleichung 4 keinen Sinn ergibt.

$$\text{Gleichung 4: } 1/P_{h-n} = (150 + 225 \sum_{x=3}^{12} (P_{j-\text{ad}})^{x-2}) \infty (A P_{j-\text{ad}}^2 + B P_{j-\text{ad}}) \infty P_{e-h}$$

Der Fortpflanzungserfolg oder die Überlebenswahrscheinlichkeit der Larven kann auch durch die Anzahl der neumetamorphosierten pro 100 Adulten (N_{100}) ausgedrückt werden. Gleichung 5 zur Berechnung von N_{100} mit Hilfe von P_{k-n} geht von der Annahme aus, daß die durchschnittliche Anzahl

Eier, die ein Weibchen pro Jahr absetzt, 360 beträgt (BRIGGS 1993):

$$\text{Gleichung 5: } N_{100} = 50 \text{ Weibchen} \times 360 \text{ Eier/Weibchen} \times P_{e-h} \times P_{h-n}$$

Aufgrund dichter Vegetation oder Austrocknung ist es nicht immer möglich, im Spätsommer Ph-n oder N_{100} im Gewässer zu ermitteln. Der Fortpflanzungserfolg im Jahr zuvor kann im nächsten Frühjahr durch den prozentualen Anteil der Juvenilen (1Jahr alt) aus der Gesamtzahl Juveniler und Adulter (J%) ermittelt werden. Gleichung 6 zeigt die Berechnung:

$$\text{Gleichung 6: } J\% = \frac{N_{100} (A P_{j-ad} + B) \infty 100\%}{N_{100} (A P_{j-ad} + B) + 100}$$

Ergebnisse

In der Abbildung 2 sind die Überlebensraten der neumetamorphosierten Unken, die den ersten Winter überleben, für die verschiedenen Vorkommen angegeben.

Die Buchstaben in den Abzissen der Abbildungen 1 und 2 bezeichnen jeweils die Populationen, in denen die Schätzungen durchgeführt wurden. Dabei stehen gleiche Buchstaben für Gewässer, die sich in den gleichen Vorkommensgebieten befinden. Die Ziffer vor dem Strich bezeichnet die Gewässernummer innerhalb des isolierten Vorkommens, wenn die Schätzung nur für ein Gewässer gilt. In der Abbildung 1 bedeutet die Ziffer nach dem Strich das Jahr, in dem die Unken metamorphosierten.

Aus der Abbildung 2 ist zu ersehen, daß die prozentuale Überlebensrate, auch innerhalb des gleichen Teiches und gleichen Gebietes, sehr unterschiedlich ist.

Abbildung 3 zeigt die jährliche Überlebensrate von juvenilen (d.h. einjährigen) und adulten Rotbauchunken. Die Jahreszahlen unter den Säulen geben die Zeitspannen an, in denen die Schätzungen vorgenommen wurden. Aus den einzelnen Schätzungen läßt sich ablesen, daß die Variationsbreite innerhalb eines Gebietes klein ist. Nur in den Gebieten mit Erholungsnutzung ist eine Variation deutlich. Die Überlebenschancen von Juvenilen (d.h. 1-jährigen) und Adulten korrelieren positiv mit dem Anteil ungenutzter Flächen in der Umgebung des Wohngewässers (Abb. 5). Nur wenn der Prozentsatz ungenutzter Flächen über 50 % liegt, sind die Überlebenschancen von Juvenilen und Adulten hoch (80 bis 95 %). Geringere Überlebenschancen (50 bis 60 %) ergeben sich, wenn der Prozentsatz ungenutzter Flächen unter fünfzehn liegt. Der Unterschied zwischen den Ergebnissen in der Gruppe mit 0 bis 50 % ungenutzter Flächen und in der Gruppe mit 50 bis 100 % ungenutzter Flä

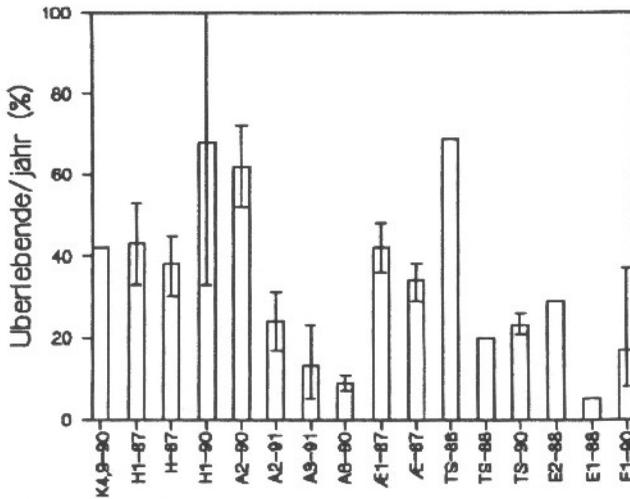


Abb. 2: Jährliche Überlebensrate von neometamorphosierten Rotbauchunken in verschiedenen isolierten Vorkommen (Erklärung der Abkürzungen s. Text)

chen ist signifikant. In kleinen Populationen wurden Jungtiere in Menschenobhut aufgezogen. Die Tiere wurden in vier verschiedenen Gebieten freigesetzt. Alle Gebiete sind dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil ungenutzter Flächen geringer als 12 % ist.

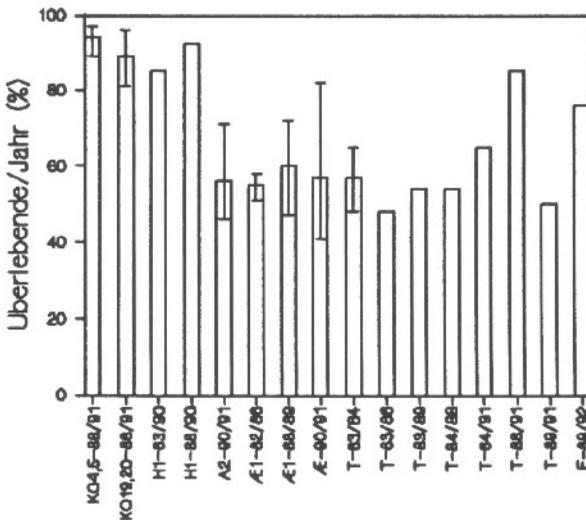


Abb. 3: jährliche Überlebensrate von juvenilen und adulten Rotbauchunken in verschiedenen Populationen.

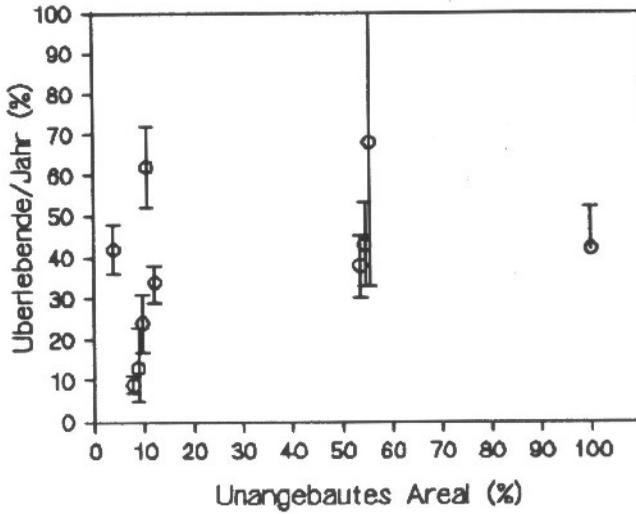


Abb. 4: Hier ist die Überlebensrate neometamorphosierter Rotbauchunken in Abhängigkeit zum Anteil ungenutzter Flächen in der Umgebung angegeben. Überlebensraten unter 30 % treten nur dort auf, wo der ungenutzte Flächenanteil unter 10 % liegt.

Die Größen der landwirtschaftlichen Flächen sind sehr unterschiedlich. Abbildung 6 zeigt die Überlebensrate nach drei Jahren. Man kann daraus ablesen, daß die Chancen, die ersten drei Jahre zu überleben, mit der Größe der Äcker negativ korrelieren. Die Größe der Äcker steht wiederum in negativer Korrelation (0,6) mit der Länge von lebenden Zäunen (Hecken) pro Hektar.

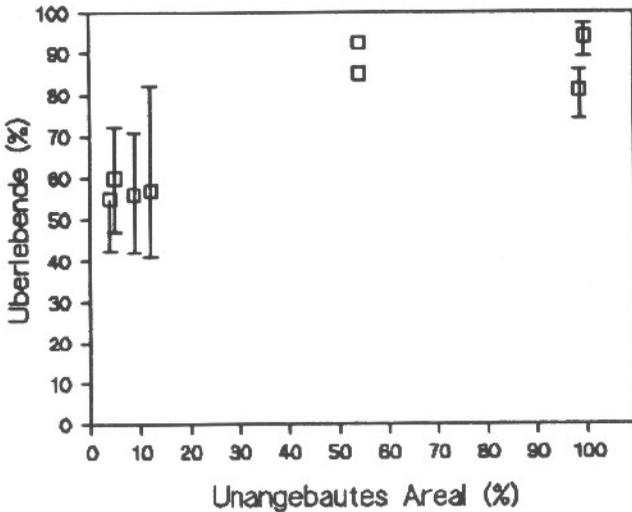


Abb. 5: Jährliche Überlebensrate von juvenilen und adulten Rotbauchunken in Abhängigkeit vom Anteil ungenutzter Flächen in der Umgebung.

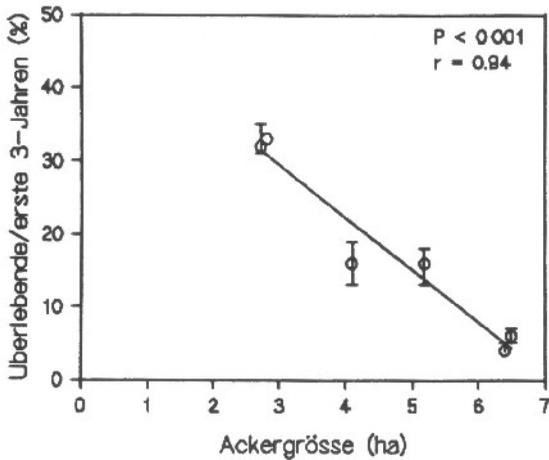
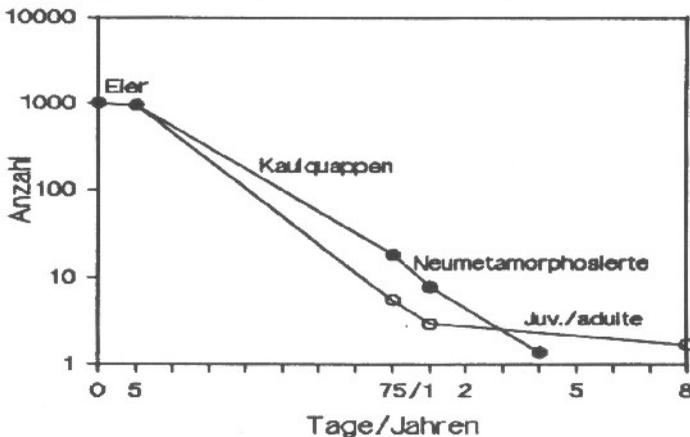


Abb. 6. Überlebensrate nach den ersten drei Jahren bei freigesetzten Jungtieren in Abhängigkeit der durchschnittlichen Ackergröße

Die Abbildung 7 zeigt umgebungsabhängige Überlebenskurven, die für zwei kleine Satellitenpopulationen mit je drei Weibchen berechnet wurden. Die Weibchen produzieren in jeder Population ungefähr 1000 Eier pro Jahr. Die Überlebenschance ist ein Durchschnitt von 5 Jahren (Jahr 1988 bis 1992). Im Gebiet mit 10 % ungenutzter Flächen haben die Kaulquappen sehr gute Überlebenschancen, während die Überlebenschancen der Adulten gering sind. Im Gebiet mit 50 % ungenutzter Flächen ist das Umgekehrte der Fall: geringe Überlebenschancen für Kaulquappen und gute Überlebenschancen für Adulte. Es läßt sich daraus folgern, daß die Populationen, die in den Gebieten mit einem Anteil ungenutzter Flächen von 50 % mindestens acht Jahre ohne Reproduktion überleben können. In den Gebieten mit einem Anteil ungenutzter Flächen von nur 10 % wird die Population nur drei Jahre ohne Reproduktion durchleben können.

Abb. 7: Umgebungsabhängige Überlebenskurven für 1000 Eier: • = Gebiet mit 10 % ungenutzter Flächen; ○ = Gebiet mit 50 % ungenutzter Flächen



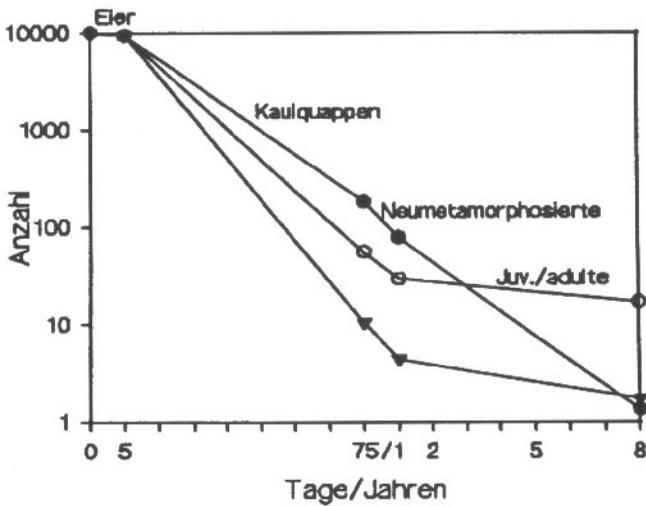
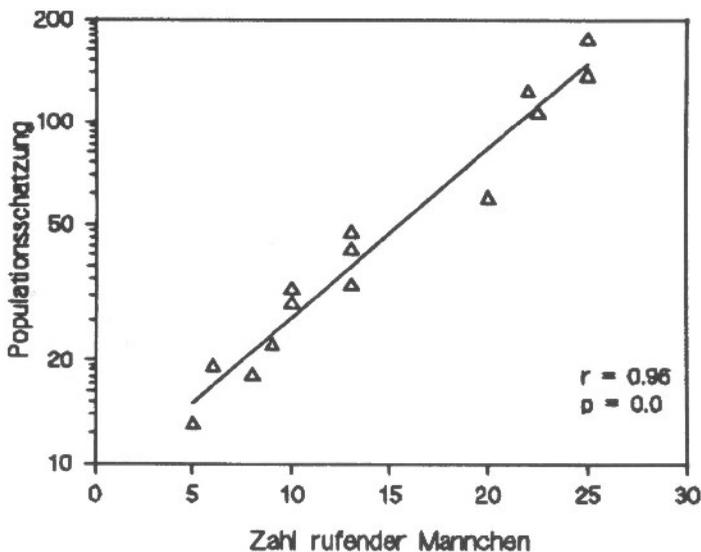


Abb. 8. Umgebungsabhängige Überlebenskurven für zehntausend Eier. • = Gebiet mit 10 % ungenutzter Flächen; ◻ = Gebiet mit 50 % ungenutzter Flächen; (Dreieck) = Gebiet mit 100 % ungenutzter Fläche.

Abbildung 8 zeigt die gleiche Berechnung wie die Abbildung 7, jedoch bei größeren Populationen mit jeweils 30 Weibchen, die in einer Saison ungefähr 10.000 Eier legen. In der graphischen Darstellung ist auch die einzige dänische Rotbauchunkenpopulation, in der es ein Gleichgewicht zwischen Reproduktion und Mortalität gibt, berücksichtigt. Diese Population lebt in einem Gebiet, in dem die Flächen zu 100 % ungenutzt sind. Die Dichte von Unken ist groß und die jährliche Überlebensrate sehr hoch (88%). Die Überlebensrate der Kaulquappen ist dagegen sehr klein (nur ein Promille).

Abb.9. Populationsschätzung nach der Fang-Wiederfang-Methode und der Zahl rufender Männchen. $N=8,526 \text{mal } 10 \text{ hoch } 0,0946x$; wobei gilt: $5 < x < 25$.



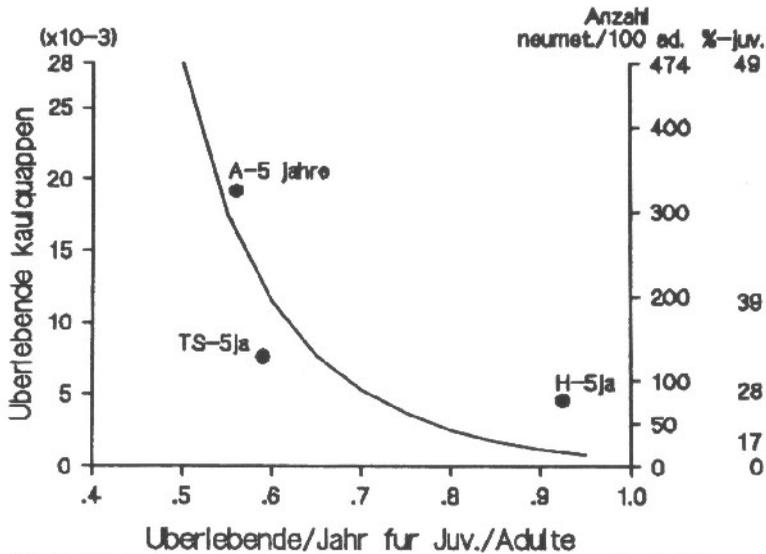


Abb. 10: Die Linie zeigt den Reproduktionserfolg als eine Funktion der jährlichen Überlebensrate der Adulten im Gleichgewicht. Den Reproduktionserfolg mißt man als Überlebensrate vom Ei bis zur neumetamorphisierten Rotbauchunke in Promille (1), die Zahl der neumetamorphisierten Unken pro hundert Adulte (2) oder, wenn (1) und (2) nicht möglich sind, die prozentualen Anteil der Juvenilen (1-jährige) an der Gesamtzahl von Juvenilen und Adulten. Die schwarzen Kreisen zeigen die Situation der dänischen Lokalitäten H, A und TS als Durchschnitt einer Zeitspanne von 5 Jahren.

Die Population im Gebiet mit einem Anteil ungenutzter Flächen von 50 % wird wahrscheinlich zukünftig auch in ein solches Gleichgewicht gelangen. Das gilt nicht für Gebiete mit nur 10 % ungenutzter Flächen. In diesen Fällen können die Populationen nur erhalten werden, wenn die Überlebensrate der Larven hoch ist.

Die Abbildung 9 zeigt die Korrelation zwischen Populationsschätzung (nach Fang-Wiederfangmethode) und der Zahl der rufenden Männchen. Die Überwachung der Unken läßt sich durch Zählung rufender Männchen und Schätzung neuer jungen Unken ermöglichen (d.h. 0 Jahr oder 1 Jahr alte Unken). Wenn die Überlebenschance der Adulten bekannt ist (sie läßt sich in ganz einfacher Weise schätzen) ist es möglich zu schätzen, ob die Reproduktion so groß ist, daß die Population überleben kann.

Die Abbildung 10 zeigt, wie beim Gleichgewicht der Reproduktionserfolg mit der Zahl der jährlich überlebenden Adulten korreliert. Wenn man in einer Population die jährliche Überlebensrate der Adulten und den Reproduktionserfolg kennt, kann man die Ergebnisse in Abb. 10 einführen. Sie zeigt die Ergebnisse von drei dänischen Populationen. Die Populationen A und H werden vermutlich überleben, aber Population TS wird vielleicht aussterben.

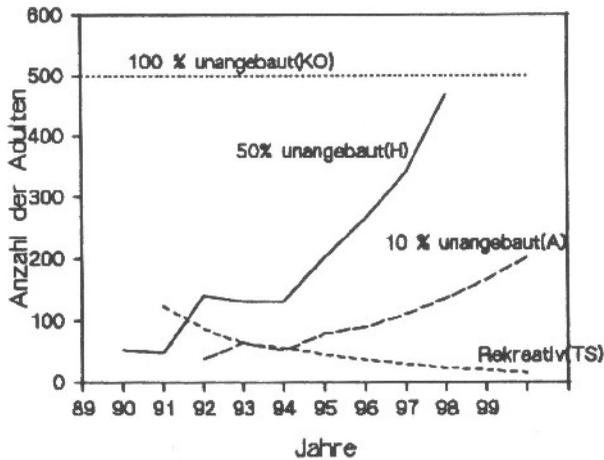


Abb. 11. Prognose für die Populationen K, H, A und TS.

Die Abbildung 11 zeigt die prognostizierten Entwicklungen in vier dänischen Populationen. Dabei wurden die Verfahren nach HEDRICK (1984) angewendet. Die Prognosen basieren auf den heutigen Überlebensraten der jeweiligen Populationen. Auf dieser Grundlage ist ein Aussterben der Population TS zu befürchten.

Schlußbetrachtung

Die Berechnungen und Schätzungen hinsichtlich der Überlebensraten von Rotbauchunken in den verschiedenen dänischen Populationen weisen darauf hin, daß optimale Überlebensstrategie für Rotbauchunken darin besteht, relativ wenige Eier zu legen bei einer relativ großen Überlebensrate der Adulten. Das bedeutet, daß die adulten Rotbauchunken große Forderungen an die Umgebung der Gewässer stellen. Auf diese Weise ist es möglich, daß eine Population mehrere katastrophale Jahre (mit ungünstigen klimatischen Bedingungen oder ähnlichem) ohne Reproduktion überleben kann.

Literatur

BRIGGS, L. (1993): Populationsbiologi hos klokkefrø med særligt henblik på artens bevarelse i Danmark [Populationsdynamische Untersuchungen an Rotbauchunkenpopulationen mit besonderer Berücksichtigung auf die Erhaltung der Art in Dänemark].- Biologisk Institut, Odense Universitet

HEDRICK, P.W. (1984): Population Biology. Chapter 12: Demography. - Jones and Barlett Publishers, Inc.

Anschrift des Verfassers:

Lars Briggs

Amphi Consult, International Science Park Odense

Forskerparken 10, DK-5230 Odense M