

# Zur Fortpflanzungsbiologie der Blindschleiche (*Anguis fragilis* L., 1758) im Lechtal

DIRK ALFERMANN & WOLFGANG VÖLKL

## Zusammenfassung

Die Blindschleiche zeigt im Lechtal in Südbayern einen annähernd zweijährigen Reproduktionszyklus, wobei die Weibchen ab einer Kopf-Rumpf-Länge von 15 cm an der Reproduktion teilnahmen. Allerdings gibt es Hinweise, dass große Weibchen auch in jährlichem Zyklus zur Fortpflanzung kommen können. Die durchschnittliche Wurfgröße in der Reproduktionsperiode 2001 betrug  $12 \pm 3$  Jungtiere (Spannweite 6-18 Jungtiere), die bei der Geburt durchschnittlich 4,4 cm lang waren und 0,54 g wogen. Die Anzahl der Jungtiere pro Wurf nahm mit der Größe des Muttertieres signifikant zu. Dagegen war das totale mütterliche Investment (= prozentualer Masseverlust nach der Geburt), das neben den Jungtieren auch die Eihüllen, das Fruchtwasser etc. umfasst, von der Wurfgröße und von der Größe des Weibchens unabhängig. Die Reproduktionsperiode erstreckte sich im Sommer 2001 von Ende Juli bis Ende September, wobei kleinere Weibchen mit kleineren Würfen später gebaren. Der Grund hierfür könnte in einer unterschiedlichen Thermoregulation liegen.

Schlagwörter: Squamata: Anguidae: *Anguis fragilis*; Reproduktion; Wurfgrößen; mütterliches Investment.

## 1 Einleitung

Die Blindschleiche stellt die am weitesten verbreitete Reptilienart in Mitteleuropa dar und ist gebietsweise noch relativ häufig (GÜNTHER 1996). Sie bewohnt ein breites Spektrum an Lebensräumen von lichten Wäldern über Magerrasen bis hin zu Gärten, wird aber wegen ihrer sehr versteckten Lebensweise bei Reptilienerfassungen meist nur schlecht nachgewiesen (DELY 1981, BLAB 1982, GÜNTHER & VÖLKL 1996). Dementsprechend liegen, im Vergleich zu anderen mitteleuropäischen Reptilienarten, nur sehr wenig Arbeiten über die Biologie und Ökologie dieser Art vor (z. B. PATTERSON 1983, 1990, STUMPEL 1985, CAPULA & LUISELLI 1993, CAPULA et al. 1992, 1998, BLOSAT 1997, SMITH 1998).

Hinsichtlich der Fortpflanzungsbiologie ergibt sich für die lebend gebärende Blindschleiche bisher kein einheitliches Bild. Die bisherigen Arbeiten lassen darauf schließen, dass es zumindest in englischen und nordostitalienischen Vorkommen einen annähernd zweijährigen Reproduktionszyklus gibt (PATTERSON 1983, CAPULA & LUISELLI 1992, SMITH 1998), der zwar bei Schlangen in kühl-temperierten Klimaten regelmäßig vorkommt (BULL & SHINE 1979, SHINE & SCHWARZKOPF 1992), bei Eidechsen jedoch nur selten nachgewiesen werden konnte (GOLDBERG & BEZY 1974, HASEGAWA 1984, VAN WYK 1991). Demgegenüber betont STUMPEL (1985), dass in einer Population in den Niederlanden der Anteil an trächtigen Tieren in Abhängigkeit von der Witterung von Jahr zu Jahr sehr stark schwankte und ein Teil der Weibchen mehrere Jahre hintereinander zur Fortpflanzung kam. ROLLINAT (1946) und SAINT GIRONS (1963) geben für Mittelfrankreich einen einjährigen Reproduktionszyklus an. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass hier – neben klimatischen Faktoren (SMITH 1998) – möglicherweise auch sehr starke regionale Komponenten in der Reproduktionsbiologie der Blindschleiche beachtet werden müssen.

In der folgenden Arbeit stellen wir die Ergebnisse einer Untersuchung an einer Blindschleichenpopulation im Lechtal südlich Augsburg aus dem Jahr 2001 vor.

Neben einer Analyse der kleinräumigen Verbreitungsmuster und der Charakterisierung der Habitatwahl (ALFERMANN 2002) standen dabei populationsbiologische Fragestellungen im Vordergrund. Insbesondere sollte die Frage geklärt werden, wie hoch der Anteil an trächtigen Weibchen in der Population ist, ab welcher Körpergröße die Weibchen zur Fortpflanzung kommen und inwiefern es eine Abhängigkeit zwischen der Weibchengröße, der Wurfgröße und weiteren reproduktionsbiologischen Parametern gibt.

## 2 Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet dienten drei Flächen im Lechtal südlich von Augsburg, die gleichzeitig in das E+E-Projekt „Lebensraumverbund für gefährdete Reptilien“ integriert waren (vgl. KÄSEWIETER & VÖLKL 2003). Im Augsburger Stadtwald (Größe des untersuchten Gebiets: 38 ha) wechselten trockene und wechselfeuchte Kiefernwälder mit einem hohen Totholzanteil mit feuchten Pfeifengraswiesen sowie Magerrasen über Kies („Lechheiden“) ab. In der Kissinger Heide (35 ha) dominierten Magerrasen, dazu kamen Bereiche mit wechselfeuchten Kiefernwäldern sowie Heckenstrukturen, die teilweise an Feuchtwiesen grenzten. Die Lechstaustufe Unterbergen (35 ha Untersuchungsfläche) war durch die sehr trockenen Lechdämme mit ihren Magerrasen und Steinschüttungen sowie den dahinter liegenden Auwald mit einem kleinräumigen Wechsel an feuchten Standorten und trockenen Magerrasenstandorten charakterisiert. In allen Untersuchungsflächen wurden ab Mitte April Bretter ausgelegt, um die Erfassungseffizienz während der Untersuchungsperiode zu steigern (vgl. z.B. READING 1997, WALTER & WOLTERS 1997, BLOSAT 1999, PLATENBERG & GRIFFITHS 1999).

## 3 Methoden

Insgesamt wurden im Sommer 2001 zwischen Ende Juni und Ende Juli 87 Blindschleichenweibchen mit einer Kopf-Rumpf-Länge (im weiteren Text als KRL abgekürzt) von 10 cm oder länger gefangen. Ab Ende Juni ließ sich gut feststellen, ob die Weibchen trächtig waren oder ob sie im Sommer 2001 nicht an der Reproduktion teilnahmen. Alle Tiere wurden mit Hilfe einer Digitalwaage (Digital GM 500, Fa. Conrad Electronics) auf 0,1 g genau gewogen und die KRL mit einem Lineal auf 0,5 cm genau gemessen. Auf eine Angabe der Schwanzlänge oder der Gesamtlänge als Längenmaß wurde verzichtet, da sich einige Tiere mit Schwanzregeneraten in der Stichprobe befanden.

Zwanzig trächtige Weibchen wurden ab Anfang Juli jeweils einzeln in kleine Terrarien (25×15×15 cm) gesetzt und dort bis zur Geburt der Jungtiere gehalten. Die Terrarien waren mit einer etwa 4 cm hohen Torfschicht gefüllt, darauf lag Moos und Kiefernborke als Versteck. Allen Weibchen standen ständig Wasser und ausreichend Nahrung (3-4 cm große Nacktschnecken aus der Familie Agriolimacidae) zur Verfügung. Als zusätzliche Wärmequelle dienten Halogenlampen. Die trächtigen Weibchen wurden bis zur Geburt der Jungtiere in 3-tägigem Rhythmus sowie nach der Geburt der Jungtiere gewogen. Die Jungtiere wurden kurz nach der Geburt gewogen (auf 0,1 g genau) und vermessen (auf 0,1 cm genau) und anschließend zusammen mit dem Muttertier am Fundort wieder ausgesetzt. Bei zwei Weibchen konnten keine Größenmaße der Jungtiere aufgenommen werden.

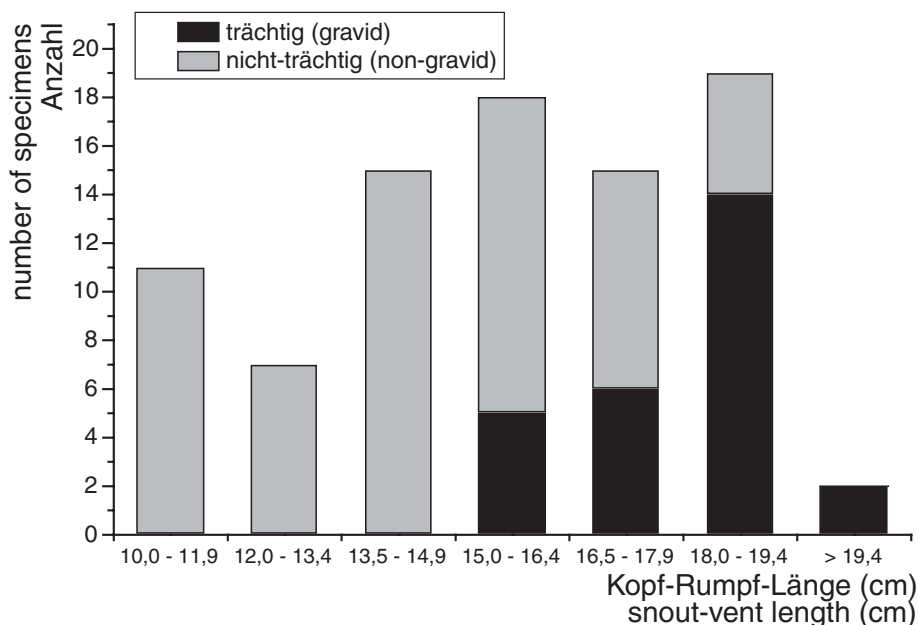


Abb. 1. Größenklassenverteilung bei trächtigen und nicht-trächtigen Blindschleichenweibchen aus dem Lechtal bei Augsburg im Sommer 2001.

Size class distribution in gravid and non-gravid slow-worm females originating from a population in the Lech valley near Augsburg in summer 2001.

#### 4 Ergebnisse

Insgesamt wurden zwischen Ende Juni und Ende Juli 87 Blindschleichenweibchen mit über 10 cm KRL gefangen, von denen 27 Tiere trächtig waren (Abb. 1). Dabei konnte bei keinem Weibchen mit einer KRL unter 15 cm (insgesamt 33 Tiere) eine Trächtigkeit festgestellt werden. Von den verbleibenden 54 Tieren mit einer KRL über 15 cm ergab sich ein exaktes Verhältnis von 1:1 zwischen reproduktiven und nicht-reproduktiven Tieren. Aus Abbildung 1 wird allerdings auch deutlich, dass der Anteil an trächtigen Weibchen in den oberen Größenklassen zunimmt (wobei allerdings nur 2 Tiere mit der KRL von über 19,5 cm gefunden wurden). Eine logistische Regression mit der KRL und dem reproduktiven Status der Weibchen als Variablen zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen Trächtigkeit und Körpergröße ( $\chi^2 = 11,92$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,0006$ ;  $y = e^{-12,69+0,74x}/(1+e^{-12,69+0,74x})$ ). Dies deutet somit darauf hin, dass größere Weibchen anscheinend mit höherer Wahrscheinlichkeit trächtig werden als kleinere Tiere.

Die durchschnittliche Wurfgröße betrug bei den im Terrarium gehaltenen 20 Weibchen  $11,9 \pm 3,1$  Jungtiere (insgesamt 236 Jungtiere), wobei das Minimum bei sechs und das Maximum bei 18 Jungtieren pro Wurf lag. Dabei war in keinem Fall eine Totgeburt zu verzeichnen. Die Anzahl der Jungtiere pro Wurf nahm mit steigender Größe der Mutter zu. Zunächst bleibt festzustellen, dass es bei den im Terrarium

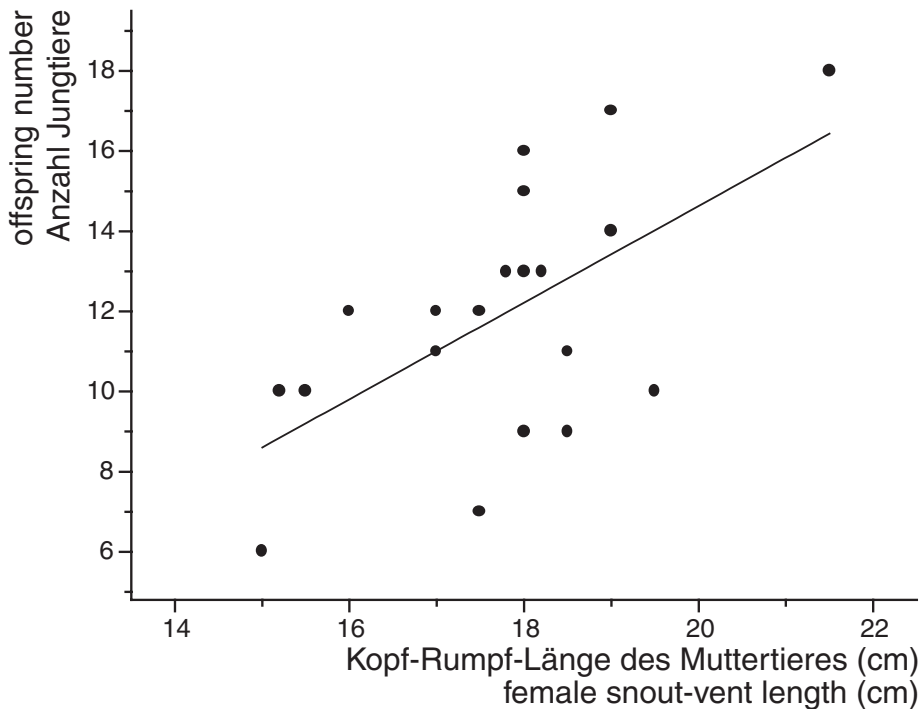


Abb. 2. Der Zusammenhang zwischen der Kopf-Rumpf-Länge des Muttertieres und der Anzahl Jungtiere bei Blindschleichen aus einer Population im Lechtal ( $y = -9,48 + 1,206x$ ).

Relationship between female snout-vent length and litter size (= offspring number) in slow-worms originating from a population in the Lech valley ( $y = -9,48 + 1,206x$ ).

gehaltenen Weibchen einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der KRL und der Masse gab (vor der Geburt: Spearman's Rangkorrelation,  $r_s = 0,866$ ,  $n = 20$ ,  $p < 0,0001$ ; nach der Geburt:  $r_s = 0,838$ ,  $n = 20$ ,  $p < 0,0001$ ). Sowohl die Kopf-Rumpf-Länge (Abb. 2) als auch die Masse vor und nach der Geburt korrelierten signifikant positiv mit der Anzahl der Jungtiere (KRL:  $r_s = 0,476$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,017$ ; Masse vor der Geburt:  $r_s = 0,660$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,0008$ ; Masse nach der Geburt:  $r_s = 0,464$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,019$ ). Aufgrund der Schwanzregenerate bei einigen Tieren wurde für Abbildung 2 die KRL als Maß für die Beziehung zwischen der Größe des Muttertieres und der Wurfgröße gewählt. Auch die Gesamtmasse der Jungtiere (= Wurfmasse) und die KRL des Muttertieres korrelierten signifikant ( $r_s = 0,548$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0,0009$ ), wobei dieser Zusammenhang natürlich einfach über die fast lineare Zunahme der Wurfmasse mit der Anzahl Jungtiere im Wurf ( $r_s = 0,922$ ,  $n = 18$ ,  $p < 0,0001$ ) erklärt werden kann.

Der totale relative Masseverlust der Weibchen nach der Geburt lag bei durchschnittlich  $35 \pm 6$  % der Masse vor der Geburt (Minimum 24 %, Maximum 44 % Masseverlust). Davon entfielen im Durchschnitt  $24,5 \pm 5$  % Masseverlust auf den Wurf (Spannweite: 13-32 %) und weitere  $10,5 \pm 2,5$  % (Spannweite: 5-16 %) auf Eihüllen, Reste des Dottersacks und das Fruchtwasser. Dabei gab es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Wurfgröße und dem totalen relativen Masseverlust (in % des Gewichtes der Mutter vor der Geburt) (Abb. 3:  $r_s = 0,229$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,166$ ),

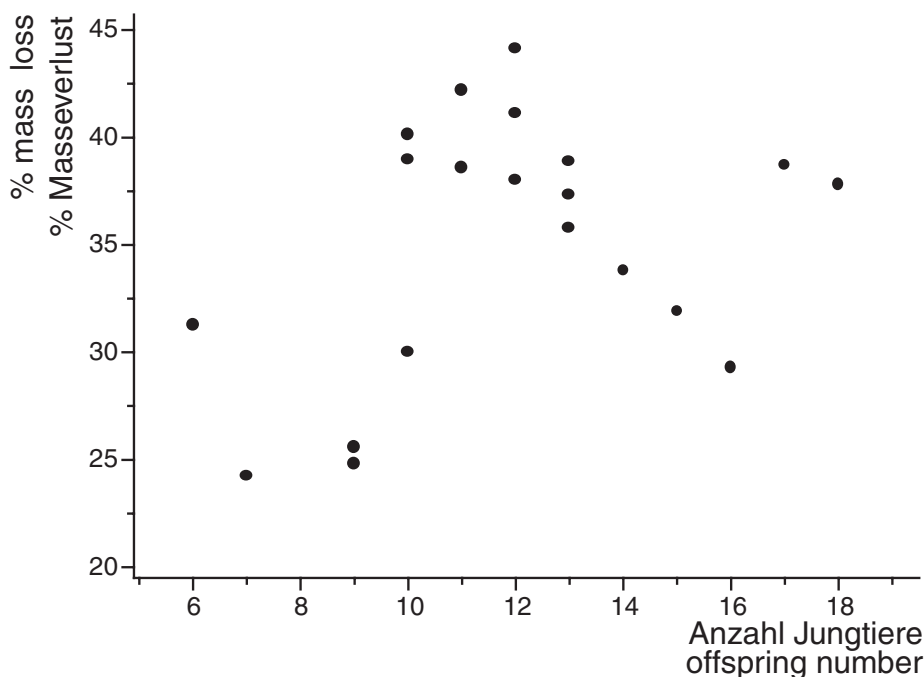


Abb. 3. Wurfgrößen und totaler Masseverlust der Weibchen (in % der Masse vor der Geburt) bei Blindschleichen aus einer Population im Lechtal. Es besteht kein signifikanter linearer Zusammenhang.

Litter size (= offspring number) and total mass loss (in % of pre-partum female mass) in slow-worms originating from a population in the Lech valley. There is no significant linear relationship between the two parameters.

der Wurfgröße und dem Masseverlust durch die Jungtiere ( $r_s = 0,389$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,055$ ) oder der Wurfgröße und dem zusätzlichen Masseverlust ( $r_s = -0,1128$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0,306$ ). Auch die Länge des Muttertieres hatte keinen signifikanten Einfluss auf den totalen relativen Masseverlust ( $r_s = -0,364$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,057$ ), doch zeigte sich hier immerhin ein deutlicher Trend zu einer Abnahme der mütterlichen Investition bei steigender Weibchenlänge. Der zusätzliche Masseverlust durch Eihüllen und Fruchtwasser nahm mit steigender Weibchenlänge signifikant ab ( $r_s = -0,430$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0,038$ ).

Die durchschnittliche KRL der Jungtiere betrug  $4,44 \pm 0,19$  cm. Sie schwankte in den einzelnen Würfen zwischen 4,09 cm und 4,86 cm. Dabei gab es keine signifikante Abhängigkeit der durchschnittlichen Jungtierlänge von der Größe des Muttertieres ( $r_s = 0,445$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0,067$ ), das heißt größere Weibchen gebaren nicht unbedingt längere Jungtiere (Abb. 4). Bei der durchschnittlichen Masse der Jungtiere, die bei  $0,54 \pm 0,07$  g lag, ergab sich ebenfalls kein solcher Zusammenhang ( $r_s = 0,315$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0,101$ ). Allerdings könnte hier die fehlende Messgenauigkeit der Waage, die bei 0,1 g lag, mögliche Zusammenhänge nicht offen erscheinen lassen.

Die Reproduktionszeit erstreckte sich im Sommer 2001 über nahezu zwei Monate. Das erste Weibchen gebar am 29. Juli (18 Juvenile), das letzte Tier am 25. September

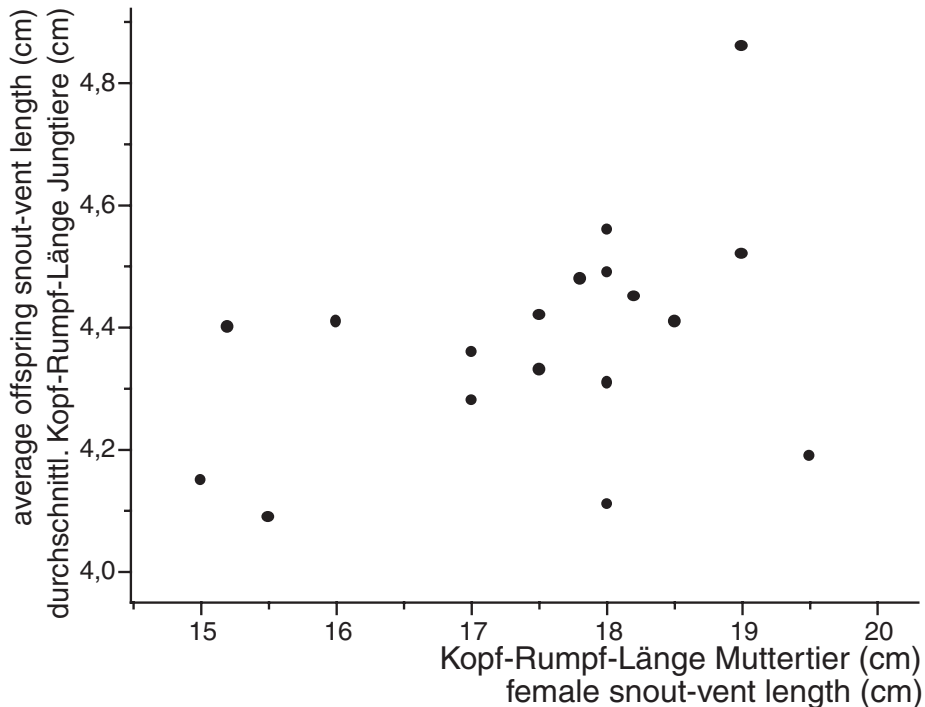


Abb. 4. Der Zusammenhang zwischen der Kopf-Rumpf-Länge des Muttertieres und der Kopf-Rumpf-Länge der Jungtiere bei der Geburt bei Blindschleichen aus einer Population im Lechtal. Es ergibt sich keine signifikante Beziehung.

The relationship between female snout-vent length and offspring snout-vent length at birth in slowworms originating from study sites in the Lech valley. There is no significant correlation.

(9 Juvenile). Dabei ergab sich ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen der Größe der Weibchen (KRL) und dem Geburtstermin ( $r_s = -0,556$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,005$ ). Dies bedeutet, dass kleinere Weibchen im Durchschnitt später Jungtiere gebären als größere Tiere. Da die Größe der Weibchen auch die Wurfgröße signifikant beeinflusste (siehe Abb. 2), ergab sich auch ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen dem Geburtstermin und der Wurfgröße (Abb. 5:  $r_s = -0,531$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0,008$ ).

## 5 Diskussion

Die wenigen verfügbaren Angaben über die Reproduktionsbiologie der Blindschleiche deuten auf eine Variabilität zwischen einzelnen Populationen und auf starke regionale Komponenten hin. Zunächst war auffällig, dass die Adulti im Lechtal erst ab einer KRL von 15 cm an der Reproduktion teilnahmen. Diese Körperlänge liegt zwischen den Angaben von PATTERSON (1983), der auf der Insel Portland vor der Küste von Dorset (Südengland) trächtige Weibchen bereits ab einer KRL von 12 cm fand, und den Werten von CAPULA et al. (1992), die in der hochmontanen Stufe in den Karnischen Alpen (Nordostitalien) trächtige Weibchen erst ab einer KRL von 16 cm

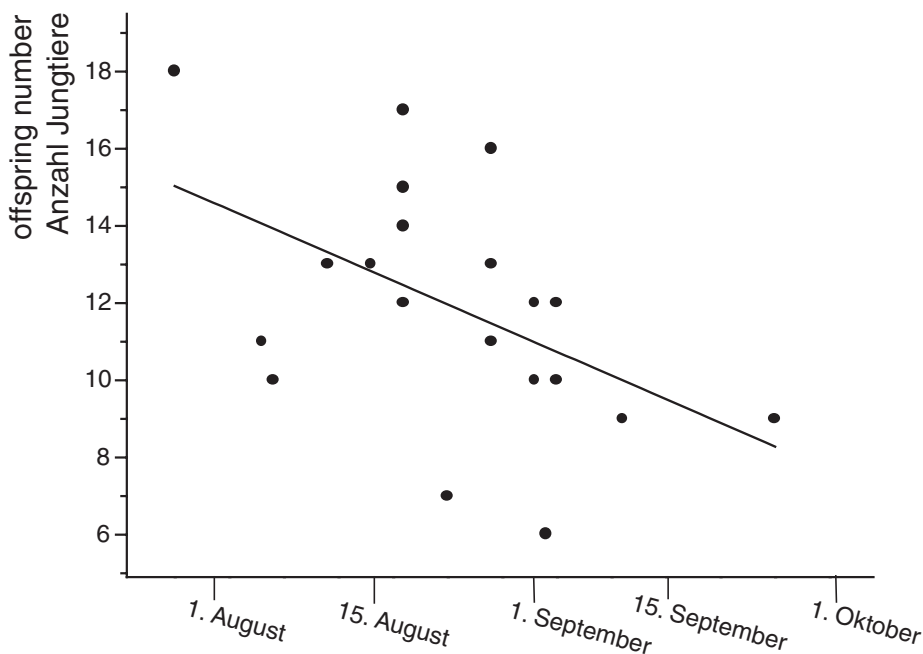


Abb. 5. Die Abhängigkeit der Wurfgröße vom Geburtstermin bei Blindschleichen aus dem Lechtal im Sommer 2001 ( $y = 40,8 - 0,122x$ ).

Relationship between litter size (= offspring number) and birth date in slow-worms originating from study sites in the Lech valley in summer 2001 ( $y = 40,8 - 0,122x$ ).

nachwiesen. Möglicherweise deutet sich hier eine Abhängigkeit vom Lebensraum an: Tiere aus kühleren höhergelegenen Lebensräumen (hochmontane Stufe in ca. 1100 m) benötigen möglicherweise länger zur Erlangung der Geschlechtsreife als Tiere aus günstigeren Klimaten im Tiefland (Südengland), wobei die Untersuchungsgebiete im Lechtal zwischen 500 m und 550 m über NN im kühl-gemäßigten Klima des Voralpenlandes liegen.

Auch beim Reproduktionszyklus zeigt unser Befund die Plastizität der Blindschleiche. PATTERSON (1983) und SMITH (1998) für südenglische Populationen und CAPULA et al. (1992) sprechen von einem zweijährigen Zyklus, während STUMPEL (1985) für die Niederlande eine starke Variabilität zwischen den Jahren angibt und keinen eindeutigen zweijährigen Zyklus fand. Vordergründig sprechen unsere Ergebnisse ebenfalls für einen zweijährigen Zyklus, wenn man alle Weibchen der Population ab einer KRL von 15 cm zusammenfasst. Die Zunahme des Anteils trächtiger Tiere in den oberen Größenklassen deutet jedoch darauf hin, dass größere Weibchen regelmäßiger, und möglicherweise auch in jedem Jahr, zur Reproduktion kommen als kleinere Tiere. Dies könnte unter anderem mit der Größenabhängigkeit der Geburtstermine und dem Masseverlust bei der Geburt zusammenhängen. Die Blindschleiche erbringt als ovovivipare Art eine hohe mütterliche Investition während und nach der Trächtigkeit, die mit einem hohen Masseverlust nach der Geburt verbunden ist (vgl. Abb. 3). Geht man davon aus, dass die Weibchen für eine erfolgreiche Reproduktion zunächst ihren



Fettkörper wieder regenerieren müssen (vgl. z. B. NILSON 1981, NAULLEAU & BONNET 1996, AUBRET et al. 2002), so sollten diejenigen Weibchen einen Vorteil haben, die sehr früh im Jahr reproduzieren und die einen geringeren Anteil ihrer Körpermasse in die Reproduktion investieren. Beides trifft im Lechtal auf große Weibchen zu, so dass diese möglicherweise – in günstigen Jahren – in der Lage sind, ihre Energiereserven für eine Reproduktion im folgenden Jahr vor der Winterruhe wieder zu ergänzen und so in zwei Jahren hintereinander zur Fortpflanzung zu kommen. Kleinere Tiere haben aufgrund der späten Geburtstermine und des – zumindest trendweise – prozentual höheren Investments dagegen weniger Chancen, ihren Fettkörper noch im gleichen Jahr zu regenerieren und kommen nur alle zwei Jahre zur Reproduktion, in klimatisch ungünstigen Jahren möglicherweise sogar nur alle drei Jahre (vgl. SMITH 1998). Diese Hypothese würde auch die Variabilität im Anteil trächtiger Weibchen bei STUMPEL (1985) erklären.

Die durchschnittlichen Wurfgrößen lagen mit fast zwölf Jungtieren/Wurf deutlich höher als in Nordostitalien, wo CAPULA et al. (1992) durchschnittlich neun Jungtiere/Wurf fanden oder in England, wo die durchschnittlichen Wurfgrößen mit 7,6 Tieren (PATTERSON 1983) beziehungsweise 7,1 Tieren (SMITH 1998; Spannweite in 7 Jahren: 4,7–8,7 Jungtiere/Wurf) noch niedriger lagen. Dabei gab es sowohl bei CAPULA et al. (1992) als auch bei PATTERSON (1983), wie im Lechtal, einen signifikanten Zusammenhang zwischen der KRL der Weibchen und der Wurfgröße. Der Unterschied in der Wurfgröße zwischen unserer Arbeit und der Studie von PATTERSON (1983), bei dem die Weibchen früher reproduzierten (bereits mit 12 cm KRL), könnte sich dabei mit der unterschiedlichen Gesamtlänge der Weibchen erklären lassen. Dagegen waren die Weibchen, die CAPULA et al. (1992) untersuchten, im Durchschnitt ebenso groß (KRL:  $18,2 \pm 1,7$  cm) wie die Tiere im Lechtal (KRL:  $17,7 \pm 1,5$  cm), obwohl sie erst ab 16 cm KRL trächtig wurden. Somit dürfte der Unterschied in der Wurfgröße zu CAPULA et al. (1992) nicht auf unterschiedliche Weibchengrößen zurückgeführt werden. Möglicherweise liegt hier ein Zusammenhang mit der Nahrungsdichte (Nacktschnecken, Regenwürmer) vor, die in keiner der beiden Arbeiten untersucht wurde.

Auch der Zusammenhang zwischen der KRL des Muttertieres und der Wurfgröße, der anscheinend für alle lebend gebärenden europäischen Reptilienarten charakteristisch zu sein scheint (AVERY 1975, BARON et al. 1992, LOURDAIS et al. 2002, VÖLKL & THIESMEIER 2002, VÖLKL & KÄSEWIETER 2003), bestätigt die Resultate der Untersuchungen aus England und Nordostitalien. Auch dort brachten größere Weibchen mehr Jungtiere zur Welt. Ebenso stimmen die Ergebnisse über das mütterliche Investment (vgl. Abb. 3) mit den Daten über andere mitteleuropäische ovovivipare Reptilienarten überein. Bei der Schlingnatter (*Coronella austriaca*) ergab sich trotz eines hohen prozentualen Masseverlustes nach der Geburt kein signifikanter Zusammenhang mit der Wurfgröße, wohl aber eine Abnahme des prozentualen Investments mit der Länge der Weibchen (LUISELLI et al. 1996). Ein ähnliches Muster wurde auch bei der Kreuzotter (*Vipera berus*) gefunden (MADSEN & SHINE 1993). Größere Weibchen können damit nicht nur mehr Jungtiere (Abb. 2) gebären, sondern gleichzeitig auch das mütterliche Investment reduzieren, so dass ihr eigenes Risiko (z. B. Verhungern aufgrund von Nahrungsknappheit nach der Geburt) sinkt. Gleichzeitig ergibt sich die Möglichkeit einer höheren Reproduktionsfrequenz (s. o.), die den lebenslangen Reproduktionserfolg („life-time reproductive success“) steigern könnte.

Der signifikante Zusammenhang zwischen der Wurfgröße und dem Geburtstermin (Abb. 5) könnte zwei Ursachen haben. Zum einen wäre es möglich, dass größere (= ältere) Weibchen mit relativ und absolut größeren Fettreserven früher im Jahr zur



Reproduktion schreiten und somit auch früher gebären. Ein solches Phänomen ist beispielsweise von der Waldeidechse bekannt, aber auch vom Bärtigen Krötenkopf (*Phrynocephalus mystaceus*) und von der Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) (ANANJEW 1981, NETTMANN & RYKENA 1984, BAUWENS & VERHEYEN 1985). Zum anderen könnte dieser Unterschied mit der Thermoregulation der Weibchen zusammenhängen. Trächtige Weibchen weisen im Vergleich zu nicht reproduzierenden Weibchen eine höhere Körpertemperatur auf (CAPULA & LUISELLI 1993) und können diese anscheinend auch aktiv beeinflussen (PATTERSON 1990), zum Beispiel durch direkte Sonnenexposition. Größere Weibchen sollten dabei in der Lage sein, aufgrund ihrer größeren Körperoberfläche mehr Strahlung aufzunehmen, sich schneller zu erwärmen und somit auch weniger Fettreserven zu verbrauchen. Eine bessere Strahlungsbilanz und höhere Energiereserven der Mutter führen zu einer schnelleren Entwicklung der Embryonen und somit auch zu einer früheren Geburt der Juvenilen. Für die Nachkommen hat dies zudem den positiven Effekt, dass sie bis zur Winterruhe mehr Zeit zum Anlegen eigener Energiereserven haben, was ihre Überlebenschancen deutlich erhöhen sollte (VÖLKL 1989).

Unsere Ergebnisse zeigen insgesamt die Plastizität in der Reproduktionsbiologie der Blindschleiche und verdeutlichen die Notwendigkeit weiterer vergleichender Studien in Gebieten mit unterschiedlichen Klimaten, Lebensraumstruktur und/oder Nahrungsverfügbarkeit. Dabei wären Langzeitstudien über mehrere Jahre, wie von SMITH (1998) in Südengland, auch für Mitteleuropa dringend notwendig.

#### Danksagung

Das E+E-Projekt „Lebensraumverbund für gefährdete Reptilienarten im Lechtal“ wurde vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) und vom Deutschen Verband für Landschaftspflege (DVL) gefördert. DANIEL KÄSEWIETER und NIELS BAUMANN danken wir für die Unterstützung bei den Freilandarbeiten, D. GLANDT und zwei Gutachtern für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

### Reproductive biology of the slow-worm (*Anguis fragilis*, L., 1758) in the Lech valley

The slow-worm belongs to the most abundant reptile species in Central Europe, inhabiting a variety of habitats ranging from deciduous forests and calcareous grasslands to suburban gardens. However, this species is difficult to find, and thus there is only little information on specific ecological aspects such as reproductive biology (e. g. PATTERSON 1983, CAPULA et al. 1992, SMITH 1998).

In this study, we investigated some selected aspects of the reproductive biology of the slow-worm in the Lech valley near Augsburg (south Bavaria, Germany). The three study sites comprised between 35 ha and 38 ha and consisted of a pine forest with *Molinia caerulea*-dominated grassland in the undercover, of nutrient-poor grassland surrounded by hedges and pine forest and of river dams with dry grassland and stone aggregations neighboured by riverine forest.

The slow-worms in the study sites were recorded between end June and end July 2001, both by direct search and by the help of artificial hiding-places (e. g. READING 1997, BLOSAT 1999). 87 females with a snout-vent-length (SVL) of 10 cm or more were caught between end of June and end of July. All females were weighed, and their reproductive status was determined. 20 gravid females were caught in early July and kept separately in small terrariums until giving birth to the offspring. Offspring and females were measured and weighed shortly after birth.

No female with a SVL of less than 15 cm (in total 33 specimens) was gravid during our study period (Fig. 1), whereas 50 % of the 54 larger individuals reproduced. Within this group, the proportion of gravid females increased with SVL (Fig. 1). This result suggests a biennial reproductive cycle (with a threshold SVL of 15 cm), but also indicates that large females may

reproduce annually. The litter size in the reproductive period 2001 averaged  $12 \pm 3$  offspring (range: 6-18 offspring). We observed no stillborn offspring in 2001. Offspring number per litter increased significantly with female SVL (Fig. 2:  $r_s = 0.476$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0.017$ ). There was also a significant correlation between birth weight loss and litter size; however, this an inaccurate measure due to tail regenerates in individuals. Furthermore, the total litter mass and female SVL correlated significantly ( $r_s = 0.548$ ,  $n = 18$ ,  $p < 0.001$ ). The total relative mass loss of females after birth averages  $35 \% \pm 6 \%$  of the mass before birth (minimum 24 %, maximum 44 %). On average, 24.5 % of the mass loss was made up by the litter, another 10 % were due to fluids and membranes. There was no significant correlation between litter size and relative mass loss (Fig. 3:  $r_s = 0.229$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0.166$ ). There was, however, a strong trend to reduced maternal investment with increasing SVL ( $r_s = -0.364$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0.057$ ). Especially, the additional mass loss due to membranes and fluids decreased with increasing female size ( $r_s = -0.430$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0.038$ ). Average offspring length (SVL) at birth was 4.4 cm, the average mass was 0.54 g. There was no correlation between female and offspring SVL (Fig. 4:  $r_s = 0.445$ ,  $n = 18$ ,  $p = 0.067$ ). In summer 2001, offspring were born between the end of July and the end of September. Smaller females, with smaller litters, gave birth later in the season (Fig. 5:  $r_s = -0.531$ ,  $n = 20$ ,  $p = 0.008$ ).

Our results are consistent with the few recent studies on slow-worm reproduction. Both in southern England and north-eastern Italy, a biennial reproductive cycle was reported (PATTERSON 1983, CAPULA et al. 1992, SMITH 1998), in contrast to STUMPEL (1985) who found no distinct pattern in the Netherlands. There were, however, different size thresholds for pregnancy: females were smaller (approx. 12 cm SVL) in southern England, but larger (approx. 16 cm SVL) in north-eastern Italy when reproducing first. Also, the correlation between female size and litter size fits with earlier reports on the slow-worm. The average litter size was larger in the Lech valley than in southern England (always less than 9 offspring/litter, see PATTERSON 1983, SMITH 1998) and north-eastern Italy (9 offspring/litter; CAPULA et al. 1992). Currently, this result is difficult to explain, but may depend on differences in food availability for the mother. Finally, the phenomenon that larger females reproduce earlier in the season may be explained by higher fat reserves of larger females (e.g. BAUWENS & VERHEYEN 1985). Alternatively, differences in thermoregulatory abilities between large and small females may account for this result. In conclusion, our results again demonstrate the plasticity in the reproductive strategy of the slow-worm but they also show the urgent need for long-term studies which includes years with different weather conditions and thus can account for differences in environmental conditions (SMITH 1998).

Key words: Squamata: Anguidae: *Anguis fragilis*; reproduction; clutch size; maternal investment.

### Schriften

- ALFERMANN, D. (2002): Populationsbiologische Untersuchungen an der Blindschleiche (*Anguis fragilis*) im Lechtal. – Diplomarbeit, Universität Bayreuth (unveröffentl.).
- ANANJEW, N.B. (1981): *Phrynocephalus mystaceus* (PALLAS 1776) – Bärtiger Krötenkopf. – S. 203-216 in BÖHME, W. (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 1, Echsen I. – Wiesbaden (Akademischer Verlag).
- AUBRET, F., X. BONNET, R. SHINE & O. LOURDAIS (2002): Fat is sexy for females but not for males: the influence of body reserves on reproduction in snakes (*Vipera aspis*). – *Horm. Behav.*, **42**: 135-147.
- AVERY, R.A. (1975): Clutch size and reproductive effort in the lizard *Lacerta vivipara* JACQUIN. – *Oecologia*, **19**: 165-170.
- BARON, J.-P., R. FERRIÈRE, J. COLBERT. & H. SAINT GIRONS (1996): Stratégie démographique de *Vipera ursinii ursinii* au Mont-Ventoux (France). – *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, **319**: 57-69.
- BAUWENS, D. & R.F. VERHEYEN (1985): The timing of reproduction in the lizard *Lacerta vivipara*: differences between individual females. – *J. Herpetol.*, **19**: 353-364.
- BLAB, J. (1982): Hinweise für die Erfassung von Reptilienbeständen. – *Salamandra*, **18**: 330-337.

Zur Fortpflanzungsbiologie der Blindschleiche (*Anguis fragilis* L., 1758) im Lechtal

- BLOSAT, B. (1997): Morphometrische und ökologische Feldstudien an Reptilien im Bergischen Land (Nordrhein-Westfalen) – I. Blindschleiche (*Anguis f. fragilis* LINNAEUS, 1758). – Salamandra, **33**: 161-174.
- BULL, J.J. & R. SHINE (1979): Iteroparous animals that skip opportunities for reproduction. – Am. Nat., **144**: 296-316.
- CAPULA, M. & L. LUISELLI (1993): Ecology of an alpine population of the slow worm, *Anguis fragilis* LINNAEUS, 1758. Thermal biology of reproduction. – Herpetozoa, **6**: 57-63.
- , L. LUISELLI & C. ANIBALDI (1992): Biennial reproduction and clutch parameters in an alpine population of the slow worm, *Anguis fragilis* LINNAEUS, 1758. – Herpetozoa, **5**: 95-98.
- , C. ANIBALDI, E. FILIPPI & L. LUISELLI (1998): Sexual combats, matings, and reproductive phenology in an alpine population of the slow worm, *Anguis fragilis*. – Herpetol. Nat. Hist., **6**: 33-39.
- DELY, O.G. (1981): *Anguis fragilis* LINNAEUS 1758 – Blindschleiche. – S. 241-258 in BÖHME, W. (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band **1**, Echsen I. – Wiesbaden (Akademischer Verlag).
- GOLDBERG, S.R. & R.L. BEZY (1974): Reproduction in the island night lizard, *Xanthusia riversiana*. – Herpetologica, **30**: 350-360.
- GÜNTHER, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. – Jena (Gustav Fischer).
- & W. VÖLKL (1996): Blindschleiche – *Anguis fragilis* LINNAEUS, 1758. – S. 617-631 in GÜNTHER, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. – Jena (Gustav Fischer).
- HASEGAWA, M. (1984): Biennial reproduction in the lizard *Eumeces okadae* on Miyake-Jima, Japan. – Herpetologica, **40**: 194-199.
- KÄSEWIETER, D. & W. VÖLKL (2003): Makro- und Mikrohabitatnutzung der Schlingnatter (*Coronella austriaca* L.) im Lechtal. – Zeitschr. Feldherpet., **10**: 159-173.
- LOURDAIS, O., X. BONNET, R. SHINE, D. DENARDO, G. NALLEAU & M. GUILLON (2002): Capital breeding and reproductive effort in a variable environment: a longitudinal study of a viviparous snake. – J. Anim. Ecol., **71**: 470-479.
- LUISELLI, L., CAPULA, M. & R. SHINE (1996): Reproductive output, costs of reproduction and ecology of the smooth snake *Coronella austriaca* in the Eastern Italian Alps. – Oecologia, **106**: 100-110.
- MADSEN, T. & R. SHINE (1993): Costs of reproduction in a population of European adders. – Oecologia, **94**: 488-495.
- NAULLEAU, G. & X. BONNET (1996): Body condition threshold in a viviparous snake. – Oecologia, **107**: 301-306.
- NETTMANN, H.-K. & S. RYKENA (1984): *Lacerta viridis* (LAURENTI, 1768) – Smaragdeidechse. – S. 129-180 in BÖHME, W. (Hrsg.): Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band **2/1**, Echsen II (*Lacerta*). – Wiesbaden (Akademischer Verlag).
- NILSON, G. (1981): Ovarian cycle and reproductive dynamics in the female adder, *Vipera berus* (Reptilia, Viperidae). – Amphibia-Reptilia, **2**: 63-82.
- PATTERSON, J.W. (1983): Frequency of reproduction, clutch size and clutch energy in the lizard *Anguis fragilis*. – Amphibia-Reptilia, **4**: 195-203.
- (1990): Field body temperatures of the lizard *Anguis fragilis*. – Amphibia-Reptilia, **11**: 295-299.
- PLATENBERG, R.J. & R.A. GRIFFITHS (1999): Translocation of slow-worms (*Anguis fragilis*) as a mitigation strategy: a case study from south-east England. – Biol. Cons., **90**: 125-132.
- READING, C.J. (1997): A proposed standard method for surveying reptiles on dry lowland heath. – J. Appl. Ecol., **34**: 1057-1069.
- ROLLINAT, R. (1946): La vie des reptiles de la France centrale. – Paris (Librairie Delagrave). 343 S.

- SAINT GIRONS, H. (1963): Données histophysiologiques sur la cycle annuel des glandes endocrines et de leurs effecteurs chez l'orvet, *Anguis fragilis* (L.). – Arch. Anat. Micr. Morph. Exp., **52**: 1-51.
- SHINE, R. & L. SCHWARZKOPF (1992): The evolution of reproductive effort in lizards and snakes. – Evolution, **46**: 62-75.
- SMITH, N.D. (1998): Reproduction of the slow worm, (*Anguis fragilis* L.), in relation to climate and distribution. S. 403-411 in MIAUD, C. & R. GUYÉTANT (Hrsg.): Current Studies in Herpetology. – Le Bourget du Lac (SEH).
- STUMPEL, A.H.P. (1985): Biometrical and ecological data from a Netherlands population of *Anguis fragilis* (Reptilia, Sauria, Anguillidae). – Amphibia-Reptilia, **6**: 181-194.
- VAN WYK, J.H. (1991): Biennial reproduction in the female viviparous lizard *Cordylus giganteus*. – Amphibia-Reptilia, **12**: 329-342.
- VÖLKL, W. (1989): Prey density and growth: Factors limiting the hibernation success of neonate adders (*Vipera berus* L.) (Reptilia: Serpentes, Viperidae). – Zool. Anz., **222**: 75-82.
- & B. THIESMEIER (2002): Die Kreuzotter. – Zeitschrift für Feldherpetologie, Beiheft 5. – Bielefeld.
- & D. KÄSEWIETER (2003): Die Schlingnatter. – Zeitschrift für Feldherpetologie, Beiheft 6. – Bielefeld.
- WALTER, G. & D. WOLTERS (1997): Zur Effizienz der Erfassung von Reptilien mit Hilfe von Blechen in Norddeutschland. – Zeitschr. Feldherpet., **4**: 187-195.

Eingangsdatum: 9. Oktober 2003

Verfasser: DIRK ALFERMANN & WOLFGANG VÖLKL, Lehrstuhl für Tierökologie I, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth, Deutschland.