

Räumliche und zeitliche Einbindung einer strukturierten
Population der Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata*,
DAUDIN 1802)
im Mittelrheintal

Dissertation
zur Erlangung des Grades
Doktor der Naturwissenschaften
am Fachbereich Biologie
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
vorgelegt von

Peter Sound
geboren in Gwalior/Indien

Mainz, Dezember 2005

„Dem Blitze vergleichbar kreuzt sie die Wege“

Dante Alighieri über die Smaragdeidechse

Tag der mündlichen Prüfung: 07.02.2006

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Oktober 1997 bis Dezember 2005 am Institut für Zoologie der Johannes Gutenberg-Universität durchgeführt.

1. EINLEITUNG	7
2. ZIELSETZUNG	8
3. UNTERSUCHUNGSGEBIET	9
3.1 Lage.....	9
3.2 Geologie	11
3.3 Böden	12
3.4 Relief	15
3.5 Klima.....	15
3.6 Insolation	18
3.7 Vegetations- und Nutzungskartierung.....	20
4. BIOLOGIE DER ART	21
4.1 Systematik	21
4.2 Besiedelungsgeschichte und Verbreitung.....	24
4.3 Habitat	27
4.4 Phänologie und Populationsbiologie.....	28
4.5 Gefährdung und Schutz.....	30
5. METHODEN	32
5.1 Telemetry.....	32
5.2 Klimaerfassung	33
5.3 Statistische Auswertung	33
6. HIBERNATION	34
6.1 Einleitung.....	34
6.2 Methode.....	37
6.3 Ergebnisse.....	39
6.3.1 Lage und Charakterisierung der Quartiere	39
6.3.2 Verhalten	41
6.3.3 Mikroklimaprofil der Hibernationsquartiere	42
6.3.3.1 Hibernationsperiode 1996/1997	46
6.3.3.2 Hibernationsperiode 1997/1998.....	47
6.3.3.3 Hibernationsperiode 1998/1999.....	48
6.3.3.4 Hibernationsperiode 1999/2000.....	49

6.3.3.5 Hibernationsperiode 2000/2001	50
6.3.4 Temperaturprofil der Hibernationsquartiere im Vergleich zu Trockenmauern..	51
6.3.5 Hibernationsquartiere im Vergleich zu Sommerquartieren.	55
6.3.6 Hibernationsquartiere im Vergleich zur Insolation des Gebietes	58
6.4. Diskussion	60
6.4.1 Allgemeine Diskussion der Ergebnisse	60
6.4.2 Hibernationsquartiere im Vergleich zu den Sommerlöchern	62
6.4.3 Hibernation im Vergleich zu Insolation des Gebietes.....	65
6.4.4 Hibernation im Vergleich zu Trockenmauern	67
6.4.5 Mortalität.....	68
6.4.6 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Hibernation.....	69
6.5 Zusammenfassung	71
7. THERMOREGULATION	73
7.1 Einleitung.....	73
7.2 Methode.....	77
7.3. Ergebnisse.....	79
7.3.1 Thermoregulation weiblicher Tiere und männlicher Tiere	79
7.3.2 Saisonale Fluktuationen	83
7.3.5 Thermoregulation im Vergleich zum Mikroklima von Habitatstrukturen	86
7.3.6 Thermoregulation im Vergleich zur Aktivität	90
7.4. Diskussion	92
7.4.1 Thermoregulation weiblicher und männlicher Tiere	92
7.4.2 Saisonale Schwankung	95
7.4.3 Thermoregulation im Vergleich zum Mikroklima von Habitatstrukturen	98
7.4.4 Thermoregulation im Vergleich zur Aktivität	100
7.5 Zusammenfassung	102
8. RAUMNUTZUNG	104
8.1 Einleitung.....	104
8.2 Methode	107
8.3 Ergebnisse.....	109
8.3.1 Raumnutzung männlicher und weiblicher Tiere	109
8.3.2 Mikrohabitatnutzung	111
8.3.3 Grenzliniennutzung.....	113

8.3.4	Zeitliche Veränderungen der Raumnutzung	116
8.3.5	Raumnutzung im Vergleich zur potentiellen Insolation	119
8.4	Diskussion	121
8.4.1	Raumnutzung männlicher und weiblicher Tiere	122
8.4.2	Mikrohabitatnutzung	123
8.4.3	Grenzliniennutzung	124
8.4.4	Zeitliche Veränderungen der Raumnutzung	125
8.4.5	Raumnutzung im Vergleich zur potentiellen Insolation	127
8.5	Zusammenfassung	129
9.	DISKUSSION	131
9.1	Methode der Radiotelemetrie	131
9.2	Habitatqualität	133
9.3	Rezente Verbreitung im Vergleich zu einheimischen lacertiden Arten	135
9.4	Schutz	137
10.	AUSBLICK	139
11.	ZUSAMMENFASSUNG	141
12.	DANKSAGUNG	143
13.	LITERATUR	144
ANHANG		167

1. Einleitung

Die Westliche Smaragdeidechse ist einer der bemerkenswertesten Vertreter der Reptilienfauna Deutschlands. Seit der Entdeckung ihrer Vorkommen in Deutschland im 19. Jahrhundert ist der natürliche Ursprung der Vorkommen immer wieder in Frage gestellt worden und, wie auch bei der Äskulapnatter, mit dem Auftreten der Römer im Rheinland in Verbindung gebracht worden (HEIMES 1994, NIEHUIS & SOUND 1996, PETERS 2001). Dies ist vor allem auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Art mit 40cm Maximallänge zu den eindrucksvollsten terrestrisch aktiven Elementen der mediterranen Fauna in Mitteleuropa zählt und die Verbreitungsenklaven der Art in der Mittelrheinregion räumlich weit von dem zentralen Verbreitungsareal liegen. Deswegen herrscht seit über 150 Jahren ein großes Interesse von Laien und Fachleuten an der Art (RYKENA et al. 1996a). Dennoch wurde die erste ökologische Freilandarbeit in Deutschland erst 1963 an Brandenburgischen Populationen, der heute als Schwesterart geführten *Lacerta viridis*, durchgeführt (PETERS 1963, 2001). Diese Studien gaben erste Einblicke in die Raumnutzung, die Habitatqualität und in den Status der östlichen Art am Nordrand der Verbreitung. Die ersten deskriptiven ökologischen Freilandarbeiten an rheinischen Populationen der Westlichen Smaragdeidechse wurden erst Ende der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts von Thomas BÖKER an der Population bei Kamp-Bornhofen (1987, 1990a,b) durchgeführt. Erst durch diese Studien konnten die Habitate der Art, trotz methodischer Probleme aufgrund der steilen und vegetationsreichen Topographie, charakterisiert werden. Bei der östlichen Art konnte erst vor kurzem durch die umfassenden Studien von Kerstin ELBING (2001) ein genaues Bild der Ökologie der Reliktpopulationen in Brandenburg gezeichnet werden. Diese wenigen Studien stellen gleichzeitig auch den Kern der ökologischen Studien über die Art dar, im zentralen Verbreitungsareal fehlen diese nahezu völlig (ELBING 2001). Diesen Freilandstudien stehen Laborstudien gegenüber, die in eingeschränktem Maße auf die Freilandpopulationen übertragbar sind (FISCHER 1960, 1961; RISMILLER & HELDMEIER 1982, 1986, 1988, 1991; RYKENA 1987, 1991; VANHOODYDONCK et al. 2002). Seit Beginn der 80er Jahre wurde der Rückgang der Art ersichtlich und führte zur Erarbeitung von Schutzkonzepten, die wiederum in Maßnahmen für die Erhaltung der Populationen mündeten (GRUSCHWITZ 1984, SCHAUSTEN et al. 1993, BECK et al. 2000, SOUND 2001b), ohne dass diese auf Erkenntnissen der Habitatqualitäten, der physiologischen Bedürfnisse oder der vollständigen Kenntnis der Jahresaktivitäten der Art basierten. Deswegen ist die Zusammenstellung eines Gesamtbildes zentraler Aspekte der Jahresaktivität wie zum Beispiel der Hibernation, der physiologischen Ansprüche an ein Habitat und die räumliche Einbindung von entscheidender Bedeutung um gezielt und effektiv einen Beitrag zum Schutz zu leisten. Auch die Kenntnis der zeitlichen Dynamik der genannten Parameter ist eine wichtige Komponente um den Bestand der Art unter sich verändernden Bedingungen dauerhaft zu erhalten. Im Gesamtbild liefert das Verständnis der ökologischen

Zusammenhänge, die das Überleben einer Art am Rand einer Verbreitung bedingen oder limitieren, einen auch Baustein in der Kenntnis der Ausbreitungsmechanismen von Reptilienarten.

2. ZIELSETZUNG

Ziel dieser Arbeit ist es, einen umfassenden Überblick über zentrale ökologische Aspekte einer modellhaften Population und des Habitates der Art am Nordrand der Verbreitung in Europa zu erarbeiten. Hierdurch sollen sowohl kritische als auch flexible Punkte in der Ökologie der Art herausgestellt werden, die wesentlich für das Überleben einer Population am Rand der Verbreitung sind. Dies soll durch die Betrachtung der Hibernation als einem Abschnitt der Jahresaktivität, der fast 50% des Jahres einnimmt, geschehen. Die Relevanz dieser Phase, die noch nie bei dieser Art untersucht worden ist, in Bezug auf das Überleben der Population und die Verknüpfung mit den Beschaffenheiten des Habitats soll erarbeitet werden. Da dieser Abschnitt generell einen Punkt der Jahresaktivität darstellt, der bisher nur bei wenigen Arten untersucht wurde und dessen Bedeutung als limitierender Faktor der Verbreitung und Ausbreitung einer Reptilienart der gemäßigten Breiten noch nie vergleichend mit anderen Arten beleuchtet wurde (CLAUSSEN et al. 1990; COSTANZO et al. 1995; VOITURON et al. 2004), soll die Verbreitungssituation der Art mit der weiterer verwandter lacertider Arten verglichen werden. Dies ist besonders im Hinblick auf das Verständnis der rezenten Verbreitungssituation von Bedeutung und kann generelle Aspekte limitierender Faktoren aufzeigen. Die Thermoregulation der Art, als zentraler physiologischer Aspekt der Sommeraktivität wurde noch nie im Freiland im Hinblick auf geschlechtsspezifische und zeitliche Aspekte untersucht. Dies gilt ebenso für die thermale Qualität des Habitats und dessen Relevanz in Bezug auf das Vorkommen der Art. Deswegen soll die räumliche und zeitliche Analyse dieses Faktors Anhaltspunkte für die Flexibilität und die Dynamik der Art liefern. Die Analyse der räumlichen und zeitlichen Dynamik der Raumnutzung soll weitere qualitative Aspekte des Habitats liefern und zum anderen den Grad der Anpassungsfähigkeit der Art in dieser Verbreitungssituation demonstrieren.

Durch die parallele Analyse dieser Aspekte sollen kritische und unkritische Punkte beim Schutz der Art aufgezeigt werden und einen optimierten Schutz ermöglichen. Außerdem soll dadurch eine vergleichende Einstufung die Wichtigkeit dieser Faktoren in Bezug auf den Schutz erlaubt werden.

3. Untersuchungsgebiet

Die Auswahl und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes ist eine Konsequenz von Voruntersuchungen, die zwischen 1992 und 1996 im Bopparder Hamm durchgeführt wurden (SCHAUSTEN et al. 1993; SOUND 1997; SOUND & VEITH 2000, 2001). Folgende weitere Gesichtspunkte führten zur Auswahl des Gebietes als dauerhafte Untersuchungsfläche:

- Kompakte Lage
- Geringe landwirtschaftliche Aktivität im Untersuchungszeitraum
- Verbreitungsnordrandlage der Population

3.1 Lage

Das in Abb. 3 dargestellte Untersuchungsgebiet wird mit den Flurbezeichnungen als *Elling*, *Goldgrube*, *Engelstein* und *Weißwacker* zusammengefasst. Bei der örtlichen Bevölkerung wird es als „Ellingsweg“ bezeichnet, was von dem zentralen Weg abgeleitet ist. Diese Ortsbezeichnung soll im Weiteren hier verwendet werden. Das Untersuchungsgebiet liegt am östlichen Ende der Weinberge des Bopparder Hamms, am Ausgang der naturräumlichen Einheit „Bopparder Schlingen“. Nach Süden wird das Gebiet von der B 9 begrenzt, die den Übergang von der Mittel- zur Niederterrasse darstellt. Nach Norden wurde die Hauptterrasse bzw. der dem Hang parallel laufende Weg als Begrenzung gewählt. Dies erfolgte vor allem auch, weil jenseits dieser nördlichen und südlichen Begrenzung keine Individuen der Art kartiert werden konnten. Nach Westen wurden die Felsflächen der sogenannten Rabenlay und des Engelsteins als Begrenzung gewählt (Abb. 2), da sich daran weitgehend flurbereinigte Flächen anschließen und es sich gezeigt hat, dass die Art in solchen stark anthropogen gestörten Flächen veränderte Verhaltensmuster aufzeigt (SOUND 1997). Im Osten wurde der äußerste Fundpunkt der Art, der in den Voruntersuchungen ermittelt wurde, als Begrenzung des Untersuchungsgebietes gewählt (Abb. 1). Dadurch ergibt sich eine Größe des Untersuchungsgebietes von 28,5 ha. Der Hang steigt von 70m, auf der Niederterrasse, bis auf maximal 205m an.



Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit östlicher Abgrenzung (gelbe Linie) am Ausgang der Bopparder Rheinschleife, Sichtrichtung Nordost (Befliegungsaufnahme des Projektgebietes vom 21.09.2003, 18.00)



Abb. 2: Untersuchungsgebiet; Sichtrichtung West mit westlicher Abgrenzung (gelbe Linie) (Befliegungsaufnahme des Projektgebietes vom 21.09.2003, 8.00)

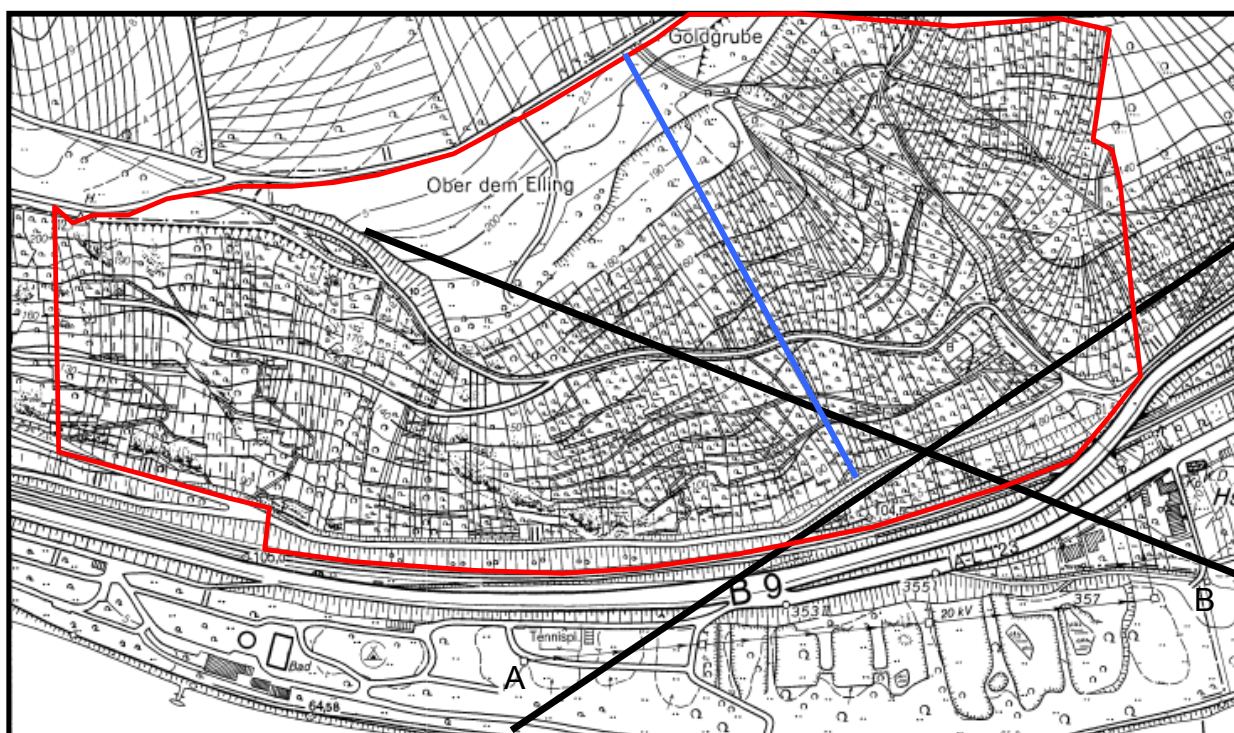


Abb. 3: Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes (rote Linie) auf der Basis der 1:5000 Karten, Sichtachsen der Abb.1 (A) und Abb.2 (B) (schwarze Linien), Reliefschnittlinie (blaue Linie)

3.2 Geologie

Der Bopparder Hamm als Großraum des Untersuchungsgebietes stellt sich geologisch zweigeteilt dar. Westlich des Stromkilometers 574 (Paternacher Taleinschnitt) dominieren Schichten des Oberems die geologische Situation. Östlich davon bis ins Untersuchungsgebiet herrschen Schichten des Unterems vor. Hier greift das Unterems rechts des Rheins nach Nordwesten deckenartig über den Rhein vor (Abb. 4). Demzufolge kann das Hangende des Untersuchungsgebietes vollständig geologisch den Unteremsschichten zugewiesen werden (HAAS 1975). Diese liegen im Hangenden flach. Dominierend sind hier sandige Tonschiefer (ohne Hunsrückschiefer) und Grauwacken. Dies hat zur Folge, dass das Untersuchungsgebiet geologisch sehr einheitlich aufgebaut ist und dass die Überschiebung des Unterems ein flaches Auslaufen des Hangs bewirkt. Dadurch ist das Gelände in weiten Bereichen nur mäßig steil. Details zur Geologie des Mittelrheintals s. Anhang.

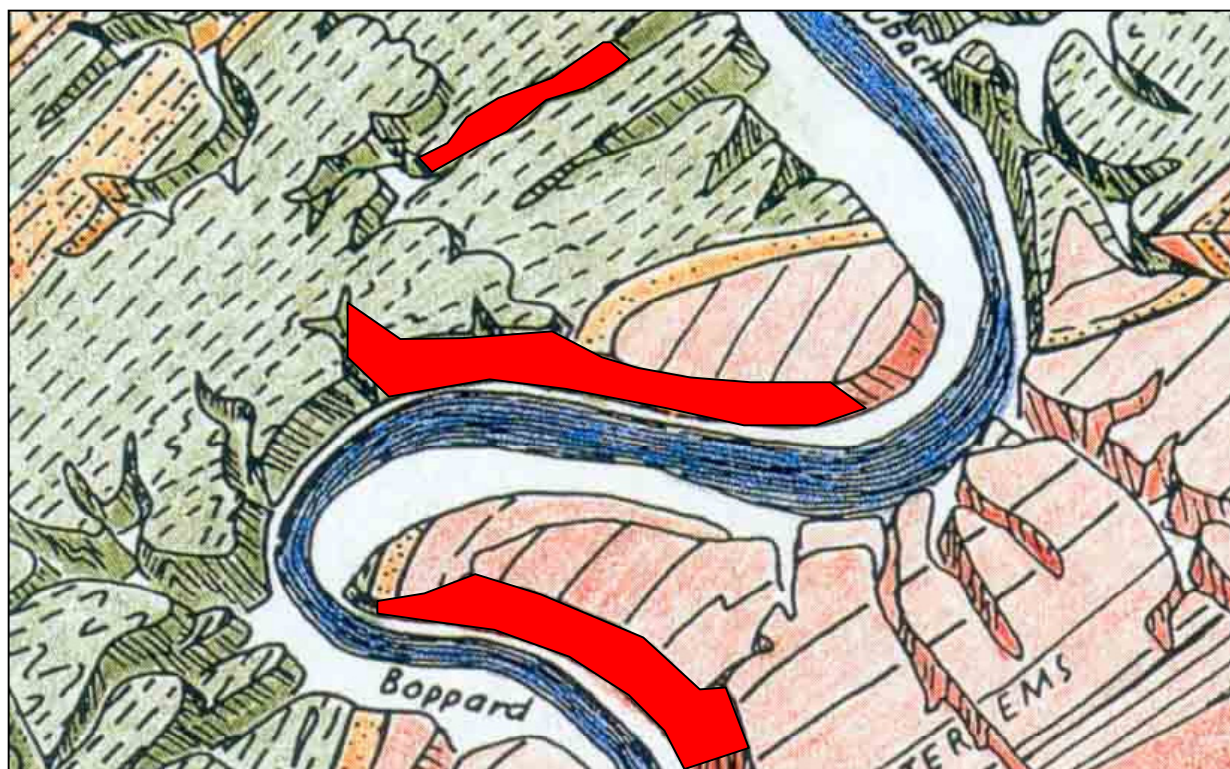


Abb. 4: Geologische Karte des nördlichen Mittelrheintals unter Berücksichtigung der Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse (rote Flächen) in der Bopparder Rheinschleife (SOUND 2001a); verändert nach MEYER & STETS 2001

3.3 Böden

Der Faktor Boden hat für eine Art wie die Westliche Smaragdeidechse, die eine überwiegend bodengebundene Lebensweise praktiziert, eine entscheidende Bedeutung. In direkter Form hat der Boden einen Einfluss auf Lebensäußerungen, wie die Hibernation oder die Thermoregulation. Die Kenngrößen dieses Geofaktors, wie zum Beispiel Bodentemperatur, Bodenart, Nährstoffgehalt und Tiefgründigkeit haben auch einen wesentlichen Einfluss auf sekundäre Faktoren, wie die Vegetationsstruktur oder Nahrungsressourcen. Deswegen ist eine Betrachtung dieses Faktors von entscheidender Bedeutung bei der Interpretation der Ergebnisse.

Im Bereich des Bopparder Hamms wurde 1967 eine Flurbereinigung begonnen (s. Anhang). Im Zusammenhang mit dieser, wurden vor Beginn der Maßnahmen Bodenkartierungen durchgeführt. (Abb. 5). Diese wurden nicht im Hauptuntersuchungsgebiet durchgeführt, sondern nur in den westlich angrenzenden Bereichen. Dennoch erlauben sie eine detaillierte Beschreibung der Bodenverhältnisse im Großraum des Bopparder Hamms. Diese ist wichtig, da die detaillierten Ausführungen zu den Bodenverhältnissen am Mittelrhein keine Rückschlüsse auf örtliche Gegebenheiten im Einzelnen erlauben. Demnach besteht eine heterogene und kleinflächige Verteilung der Böden im östlichen Teil des Bopparder Hamms. Im Übergangsbereich zur Hauptterrasse und einer zentralen großen Mittelterrasse (Flurbezeichnung: Auf Bark) treten relativ großflächig Böden aus quartären Flussablagerungen

auf, die trocken und nährstoffarm sind. Diese Böden konnten auch im Hauptuntersuchungsgebiet nachgewiesen werden, allerdings in wesentlich kleinflächigerer Ausprägung (größtenteils assoziiert mit Arten der Sandginster Gesellschaft & des Flügelginster Trockenrasen). Im Steilhangbereich des Mittelhangs ist eine leichte Teilung erkennbar. Östlich des Stromkilometers 574,5 markiert eine quartäre Flussablagerung, die bis in den Mittelhang reicht, eine Grenze, ab der bis ins Untersuchungsgebiet große Flächen von Regosol aus Lehmschutt über anstehenden Fels (Schiefer/Oberems, Unterdevon) dominiert werden. Weitere Bereiche werden von Pararendzina über Lössschutt und Pararendzina über Lehmschutt dominiert. Kleinere Flächen werden von Regosol aus Lehmschutt (Sandstein bis Quarzit, Oberems) und Schuttlehm (Schiefer/Oberems, Unterdevon) eingenommen. Westlich des Stromkilometers 574,5 treten großflächig Pararendzina über Lössschutt und einige kleinere Flächen aus Regosol aus Lehmschutt (Sandstein bis Quarzit, Oberems) auf. Als Besonderheit in diesem Bereich treten Böden mit Regosol aus Kieslehm über carbonathaltigem Grus (Bims) und Pararendzina aus carbonathaltigem Schuttlehm über anstehenden Fels (Schiefer/Oberems, Unterdevon) auf. Stichprobenartig konnten Regosolböden und Pararendzina auch im Hauptuntersuchungsgebiet nachgewiesen werden. Quartäre Flussablagerungen sind inselartig auch im Oberhang zu finden. Weitere Details zu den Böden s. Anhang.

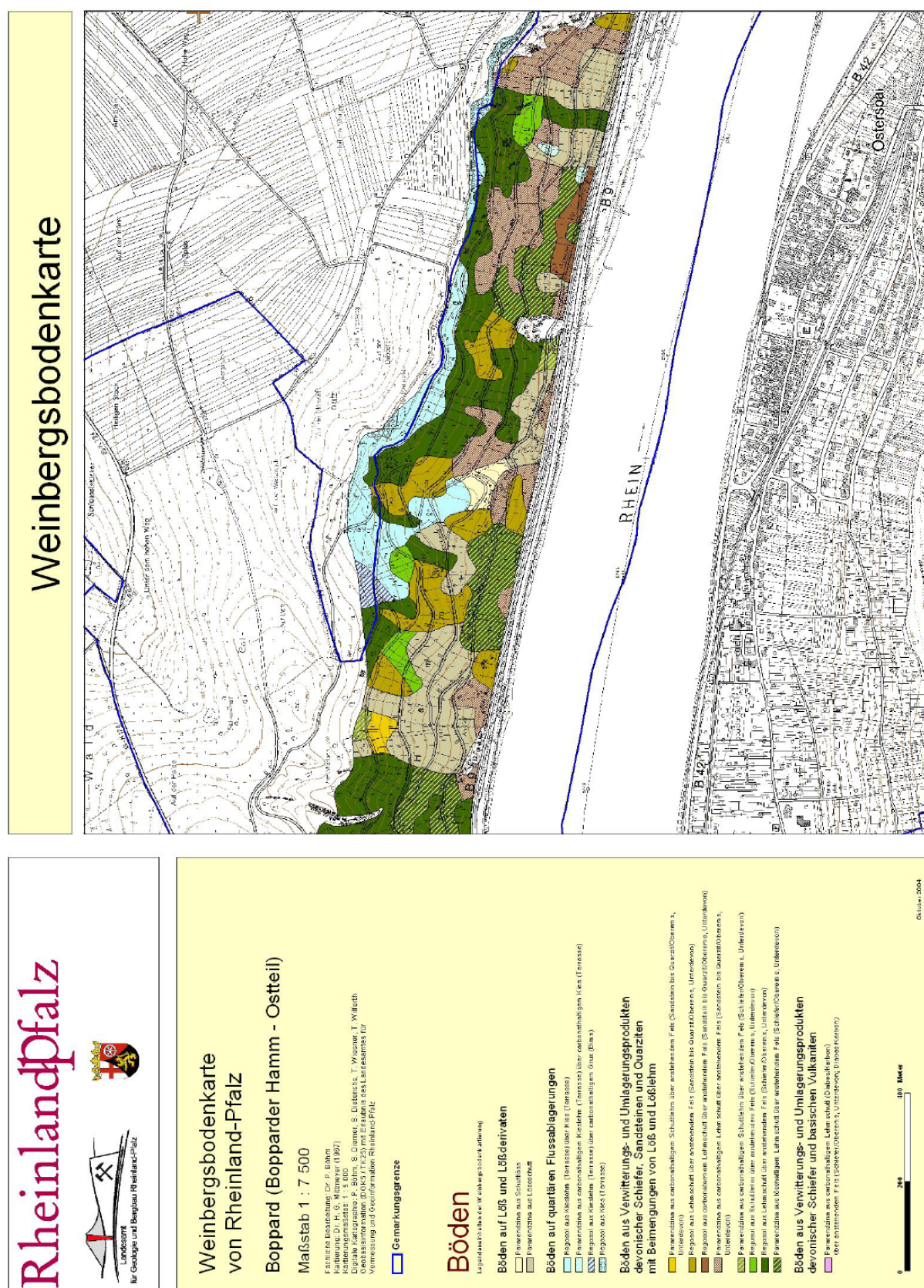


Abb. 5: Weinbergsbodenkartierung des Landesamtes für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz für die unmittelbar an das Untersuchungsgebiet angrenzende Lage des Unterhamms

3.4 Relief

Das Relief des Untersuchungsgebietes spiegelt diese Entwicklung grundsätzlich wieder. Allerdings lassen sich aufgrund der geographischen Eigenheiten des Gebietes Abwandlungen erkennen. Das hier am sogenannten Hangenden die Bopparder Schuppe flach zum Rhein hin abfällt, ist am Relief erkennbar (Abb. 6). Der Neigungswinkel ist hier nur mäßig steil (34%). Dies hat Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt. Vor allem wird die Intensität von Erosionsprozessen, die Ausbildung von Bodenmächtigkeiten, die standörtliche Differenzierungen des Meso- Mikroklimas und des Wasserhaushaltes beeinflusst (LESER 1978; SCHMITT 1991). Diese Faktoren wirken im Untersuchungsgebiet abgemildeter, als in den weiter westlich gelegenen Bereichen des Bopparder Hamms. Drei Mittelterrassen können im Gebiet identifiziert werden. Außerdem ist eine Unterteilung der Hauptterrasse erkennbar, die jedoch auf eine anthropogene Geländestufe zurückzuführen ist (Abgrabung). In der Realität ist das Gelände noch kleinräumiger terrassiert, da durch viele Trockenmauern terrassierte Areale geschaffen wurden. Weitere Details zu den Böden s. Anhang.

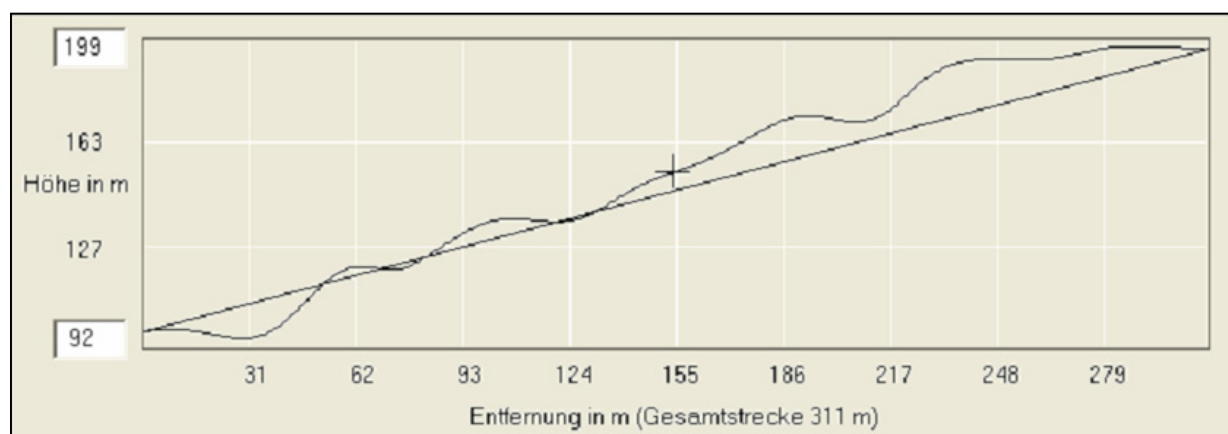


Abb. 6: Reliefstruktur des Untersuchungsgebietes an einer Beispielhaften Messstrecke (s. Abb. 3), Landesamtes für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz

3.5 Klima

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Rhenschleife von Boppard im Kern dieses hygrothermischen Gunstraums, deren lokale klimatische Bedingungen eingegrenzt worden sind (ERIKSEN 1967; DWD 1957). Vor allem aber die für das Mittelrheintal einzigartige West-Ost Fließrichtung des Rheins ruft klimatische Besonderheiten hervor. Hierzu zählen die langgestreckten bis zu 8 Kilometer breiten intensiv bestrahlten Südhänge (s. Abb. 1) und der träge breite Wasserkörper des Rheins. Aufgrund dieser klimatischen Eigenheiten der Bopparder Rheinschleife ist eine Betrachtung der lokalen Wetterentwicklung notwendig, um Rückschlüsse auf die Dynamik und Entwicklung der Westlichen Smaragdeidechse zu ziehen. Dies ist jedoch vor allem deswegen relevant, da nur durch einen möglichst exakten Vergleich lokaler klimatischer Werte mit den Ergebnissen dieser Arbeit stichhaltige Interpretationen der

Ergebnisse möglich sind. Dennoch gab es bis Ende der 90er Jahre am gesamten Oberen Mittelrhein und in der Bopparder Rheinschleife keine öffentliche Wetterstation, welche dauerhaft vergleichbare Daten dieses singulären Gebietes offerierte. Deswegen wurden die Daten in der hier vorliegenden Arbeit mit den Wetterdaten einer privaten Wetterstation am südlichen Ende der Bopparder Rheinschleife, in Bad Salzig, verglichen (Wetterstation von Herrn RAINER BOCK, Römerstr. 32; 56154 Bad Salzig). Diese wird seit 1972 nach den Richtlinien des Deutschen Wetterdienstes betrieben. Die klimatischen Entwicklungen im näheren Umfeld des Untersuchungsgebiet zwischen 1978 und 2000 konnten dokumentiert werden.

Demnach variieren die klimatischen Messungen weitgehend im Rahmen der von ERIKSEN (1967) und dem DWD Trier festgestellten Werte für den Raum Boppard. Zwischen 1978-2000 betrug die durchschnittliche Jahresregensumme 643,87mm und war damit geringfügig höher als die vom DWD Trier für den Raum angegebenen Werte, jedoch noch im Rahmen der Amplitude (Abb. 7). Im Untersuchungszeitraum lag die durchschnittliche Regensumme bei 595,34 mm pro Jahr (750 Regentage) und damit etwas niedriger als die für diesen Raum festgestellten Durchschnittsregensummen. Die mittlere Jahrestemperatur betrug im Zeitraum 1978-2000 10,45°C war damit um 0,95°C höher als der für diese Region errechnete langjährige Durchschnitt. Bei einer differenzierten Betrachtung des Zeitraums zwischen 1978 und 1990 und des Zeitraums zwischen 1990 und 2000 zeigt sich, dass die Jahresdurchschnittstemperatur im ersten Abschnitt mit 10,03°C um 0,53°C über dem regionalen Durchschnittswert lag. Im zweiten Abschnitt lag der Durchschnittswert mit 10,87°C um 1,37°C höher. Im Untersuchungszeitraum lag der Durchschnittswert sogar um 1,43°C über dem langjährigen Durchschnittswert (Abb. 8). Dieser Trend spiegelt sich auch in der Entwicklung der Tagesmaximal- und Tagesminimaltemperaturen wieder. Die Temperaturen steigen am Mittelrhein kontinuierlich an und reihen sich damit in die globale Temperaturentwicklung ein. In den 90er Jahren hat sich diese Tendenz verstärkt. Auch bei der Entwicklung des Luftdrucks lässt sich diese Tendenz erkennen (s. Anhang). Seit 1978 kann bei Boppard ein Anstieg des Luftdrucks festgestellt werden. Dies lässt sich sowohl bei den Luftdruckmaxima als auch bei den Luftdruckminima ablesen. Dies hat Konsequenzen für die Wetterlagen am Mittelrhein, da hoher Luftdruck gleichbedeutend ist mit Hochdruckwetterlagen. Diese Tendenz könnte somit bedeuten, dass Hochdruckwetterlagen am Mittelrhein häufiger und stabiler auftreten. Dies kann im Winter zu häufigen Inversionswetterlagen führen. Am Mittelrhein ist dies gleichbedeutend mit Hochnebel und Tagestemperaturen zwischen 0° und 5°C (SCHMITT 1991). Im Sommer ist dies gleichbedeutend mit Schönwetterlagen, die eine hohe Insolation des Gebietes bewirken.

Da in der Untersuchungsfläche neben der Exposition und dem Relief der lokale Grad des Felsanteils, der Reflex des Wasserspiegels und die Temperaturpuffernde Wirkung des

Wasserstroms in jedem Hang des Mittelrheins einen eigenen kleinklimatischen Körper erschafft, wurden mikroklimatische Daten mittels Datalogger erfasst. Weitere Details zum Klima des Mittelrheingebietes siehe Anhang.

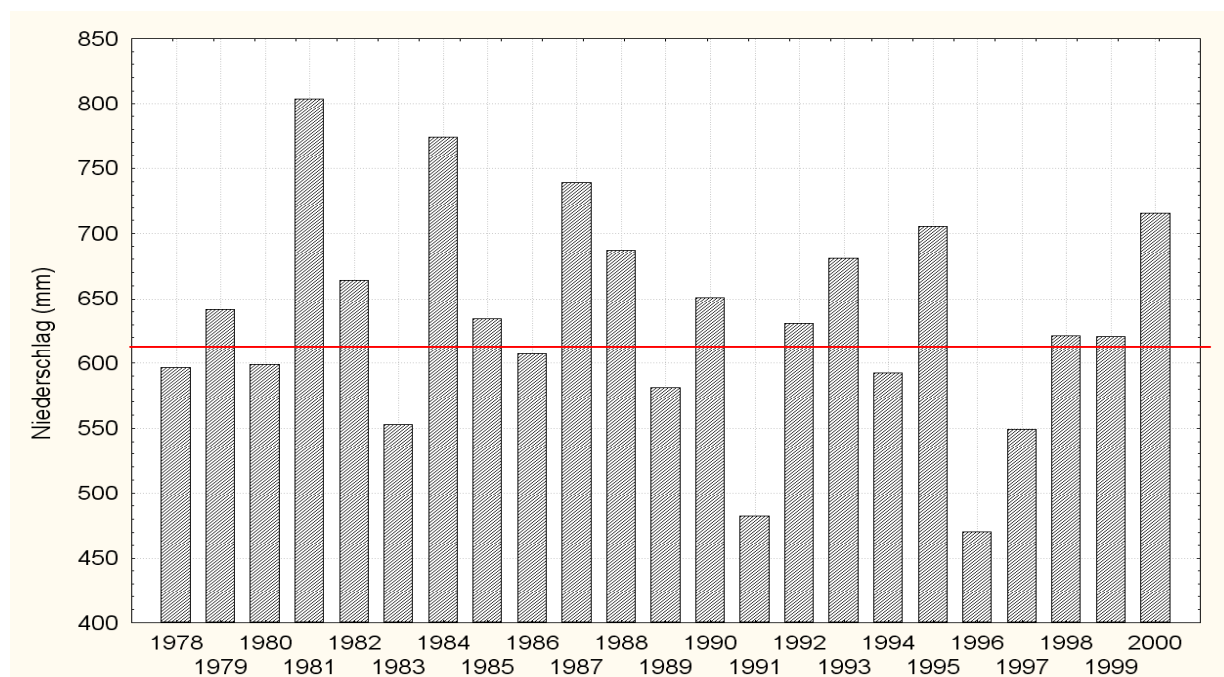


Abb. 7: Jahresniederschlagssummen des Untersuchungsgebietes zwischen 1978 und 2000, $\bar{x}$ 643,87mm, Stdabw. = 82,43mm; $\bar{x}$ Niederschlagswerte für Boppard 607mm (rote Linie) DWD Trier

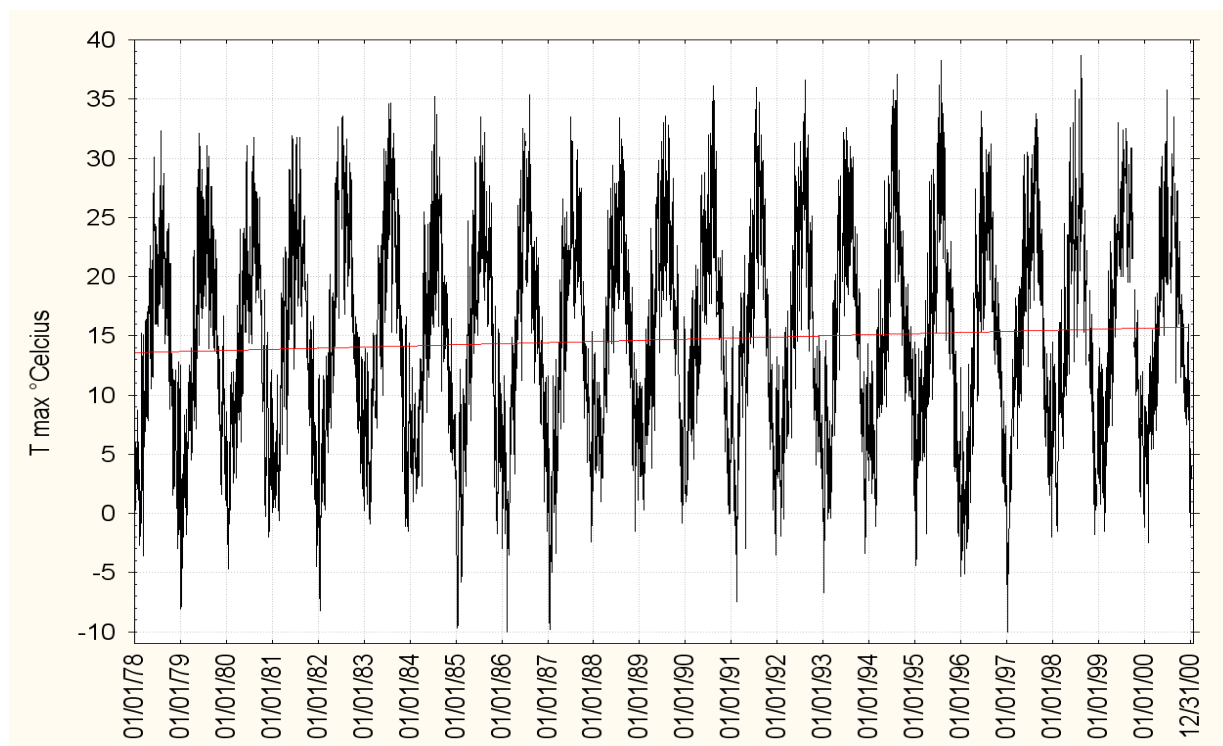


Abb. 8: Entwicklung der Tagesmaximaltemperaturen zwischen 1978-2000, $\bar{x}$ 14,65°C, n= 8147 Tage

3.6 Insolation

Für fast alle Reptilien ist die Sonnenstrahlung die Hauptquelle für die Thermoregulation, die wiederum die notwendigen physiologischen Prozesse dieser Vertebraten steuert. Dies gilt insbesondere für Arten der gemäßigten Breiten und großer Höhen, bei denen Strahlung die einzige Möglichkeit darstellt, mit Verhaltensanpassungen (z.B. Sonnenbaden) den notwendigen Jahresaktivitätszyklus umzusetzen (GREGORY 1982; POUGH et al. 2001). Aufgrund der Topographie und des Neigungswinkels der Erde ist die Einstrahlung nicht überall gleich. Dies führt zu einer unterschiedlichen Einstrahlung, die vor allem in den gemäßigten Breiten massive Konsequenzen in Bezug auf die Verfügbarkeit und Quantität von Strahlung als Energiequelle haben. Vom Äquator Richtung Polkappen nimmt die Bedeutung der lokalen Exposition von Flächen in Bezug zur maximalen Ausnutzung der potentiellen Strahlungsenergie zu. Da gerade für die Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse eine hohe Einstrahlung postuliert worden ist (ELBING 2001), ohne dass dies empirisch verifiziert wurde, soll hier die errechnete potentielle Einstrahlung des Gebietes als Grundlage weiterer Vergleiche verwendet werden. Die potentielle direkte Einstrahlung wurde von A. ZUTZ 2004 am Inst. für Geographie der Universität Mainz auf der Basis des Programms Solarflux (HETRICK et al. 1993; DUBAYAH & RICH 1995; RICH et al. 1995) für das gesamte Mittelrheingebiet unter besonderer Berücksichtigung des Untersuchungsgebietes berechnet. Dabei wird von einer direkten konstanten potentiellen Einstrahlung von 1335KW/h m² pro Jahr

und ohne Wolkenbedeckung ausgegangen (Solarkonstante). Berechnungsgrundlage ist die digitale DGM 1:5000 Grundkarte Rheinland-Pfalz im 40m Raster in ARC INFO.

Demnach gehört das Untersuchungsgebiet zu den Flächen im Mittelrheingebiet mit den höchsten potentiellen Einstrahlungswerten. Es wird erkennbar, dass die Einstrahlungsmaxima sich vor allem im westlichen Teil konzentrieren. Hier liegen auch die Rasterflächen mit maximalen Einstrahlungswerten von 1226-1238 KWh/m² pro Jahr (Abb. 9). Im östlichen Teil um den Grauertskopf befindet sich eine weitere Zone hoher Einstrahlungswerte, in der jedoch Werte von 1200 KWh/m² pro Jahr nicht überschritten werden. An der nördlichen Begrenzung des Untersuchungsgebietes zum Plateau der ersten vorderen Hauptterrasse ist eine deutliche Veränderung in der potentiellen Insolation erkennbar. Nördlich dieser Trennlinie werden Einstrahlungswerte von 1050 KWh/m² pro Jahr nicht mehr überschritten. Im Untersuchungsgebiet stellen Raster mit Einstrahlungswerten unter 1050 KWh/m² pro Jahr die Ausnahme dar (n=12) und treten vornehmlich an der nördlichen Grenze des Untersuchungsgebietes auf (Abb. 10). Eine weitere Zone mit Rasterflächen potentieller Einstrahlung zwischen 975-1050 KWh/m² pro Jahr liegt entlang des Bachlaufs im Taleinschnitt des Gauertsbachs.

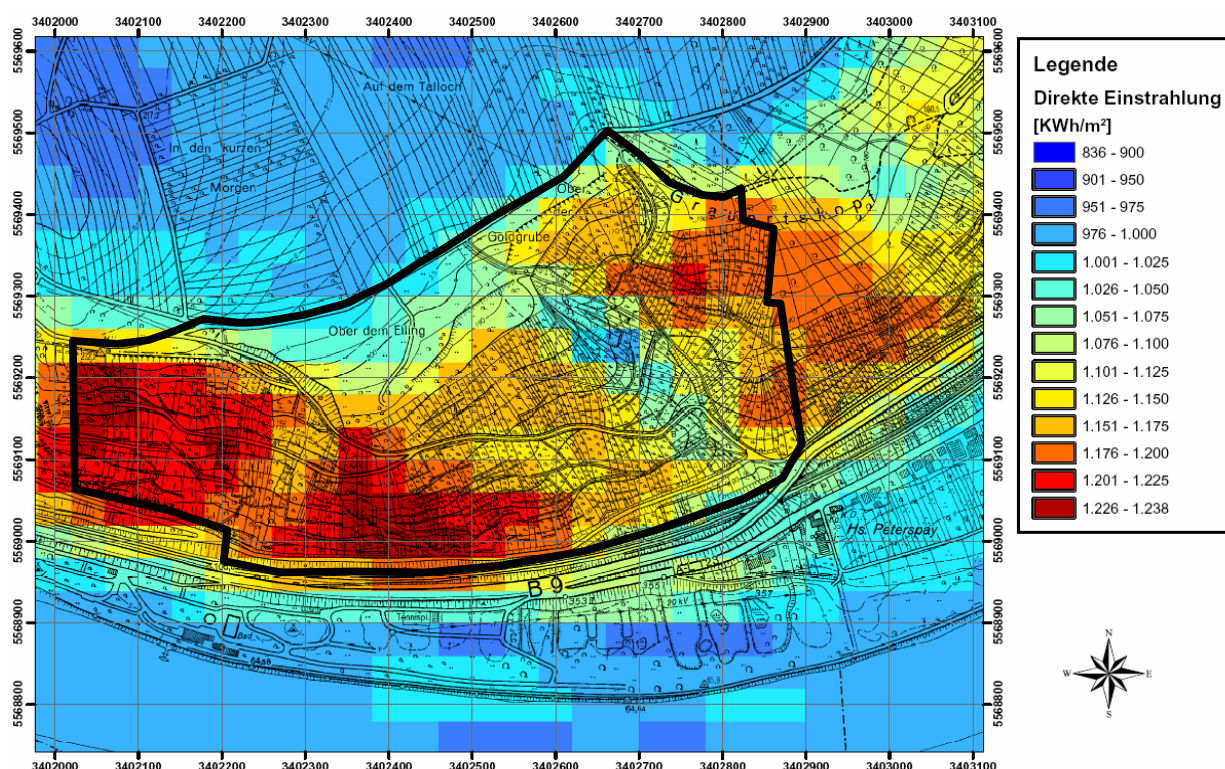


Abb. 9: Insolation des Gebietes, Quelle ATKIS RLP, DGM 40m auf der Basis 1:5000 verändert nach A. ZUTZ 2004)

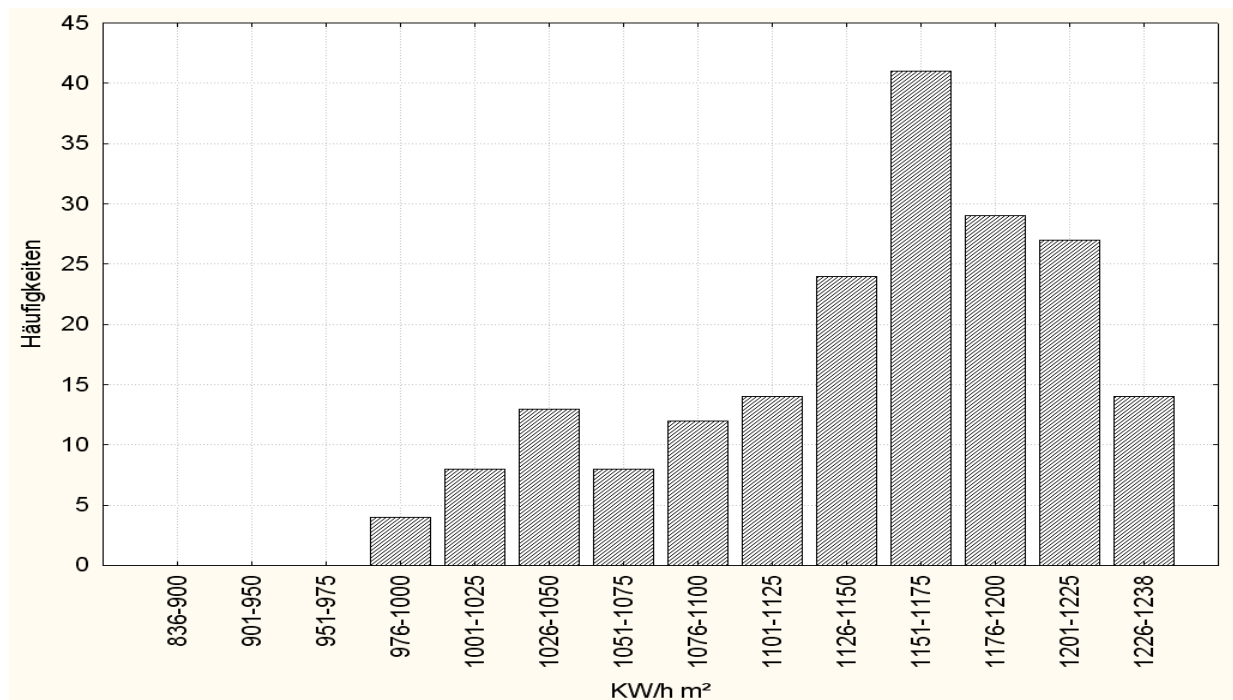


Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Insolationsstärke im Untersuchungsgebiet auf 40m Raster

3.7 Vegetations- und Nutzungskartierung

Die Vegetation des Gebietes wurde zwischen 1994 und 2000 erfasst (Eigenkartierung). Aufgrund der Sukzessionsdynamik des Gebietes und der permanenten anthropogenen Einflüsse wurde der Ist-Zustand des Jahres 2000 zugrunde gelegt.

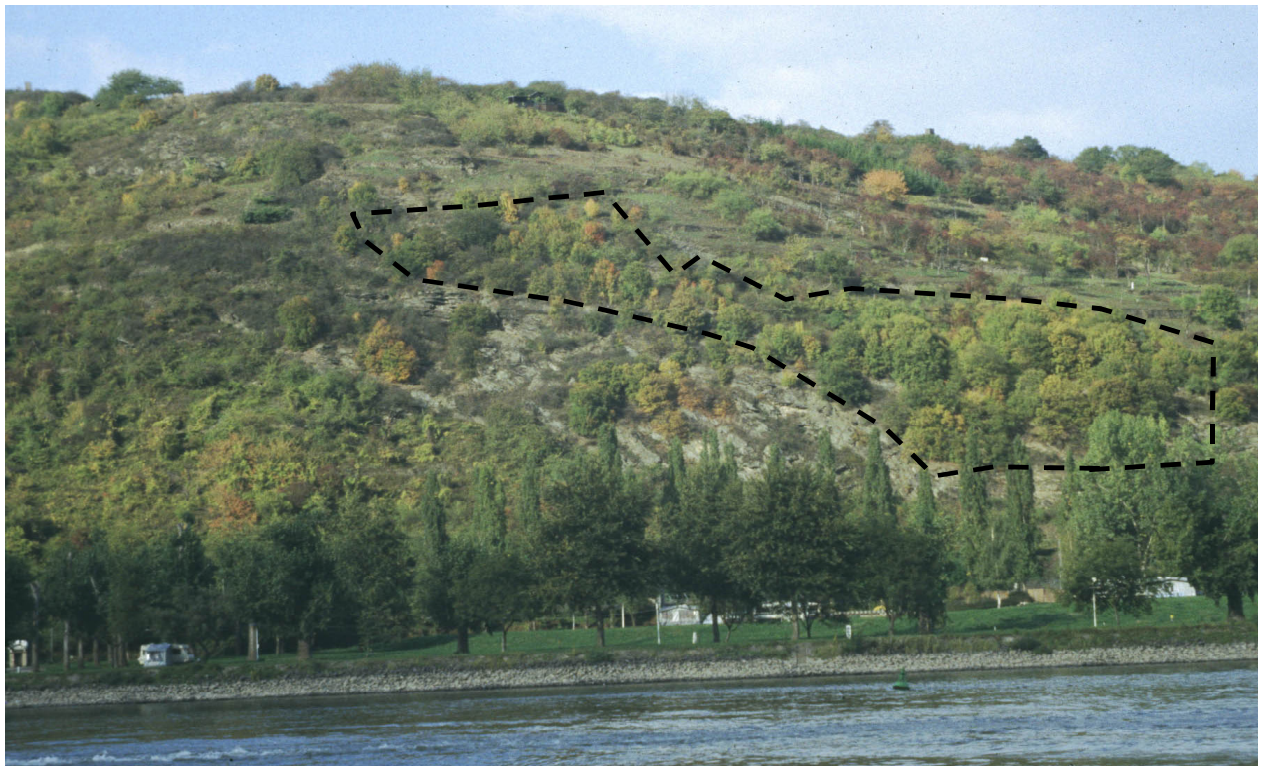


Abb. 11: Großflächige Ausbildung (Abgrenzung: gestrichelte Linie) des Felsenahorn-Traubeneichenwaldes (5.500m²). Unterhalb des Bestandes ist eine große Felsflur erkennbar.

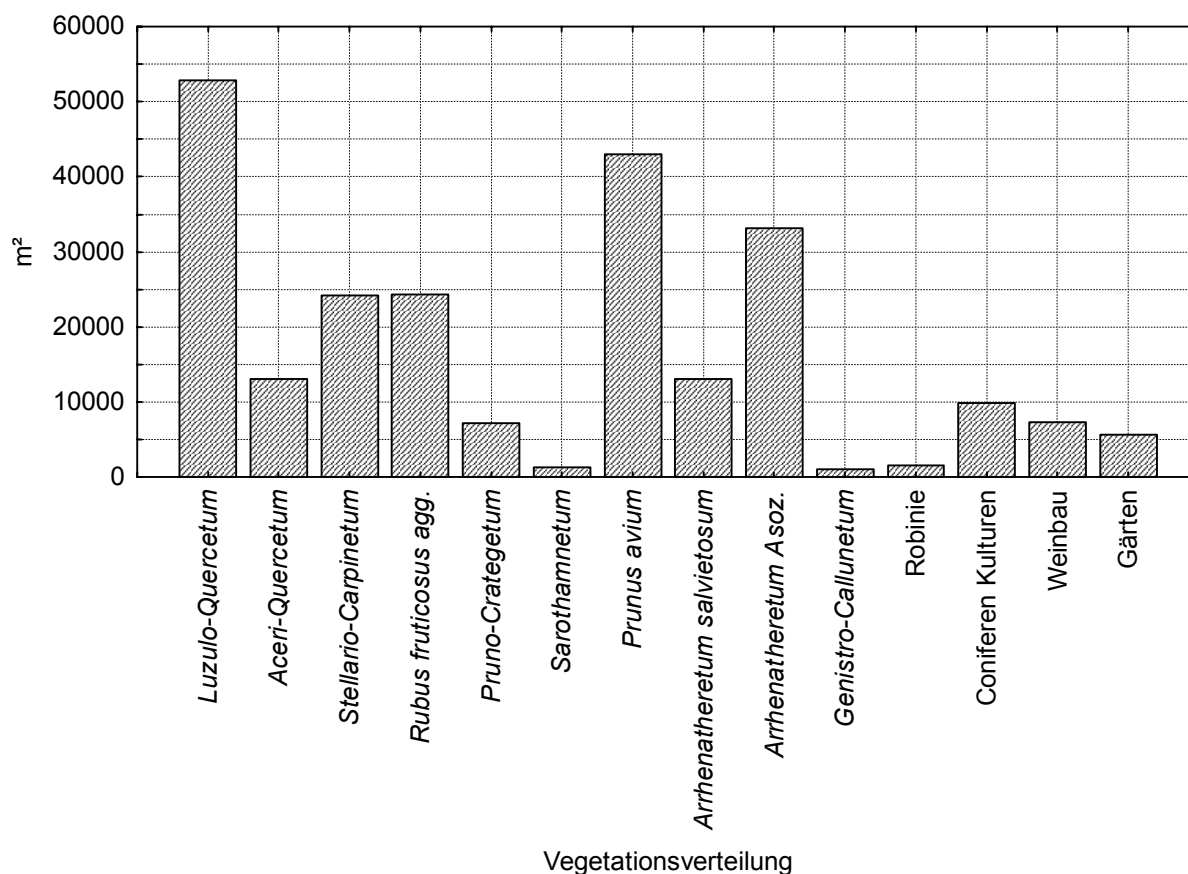


Abb. 12: Verteilung der Vegetationsbedeckung im Gebiet, Aufführung aller darstellbaren Formen und aller Formen über 1.000m² Flächenanteil (Σ 237.400m²).

Zusammenfassend kann das Untersuchungsgebiet als Fläche bezeichnet werden welche überwiegend dominiert wird von Pflanzengesellschaften der Waldstadien und Gesellschaften unterschiedlichster Sukzessionsstadien. Xerotherme Gesellschaften und Nutzungsstrukturen, insbesondere der Weinbau spielen im Gebiet eine untergeordnete Rolle. Klimaxstadien werden vorwiegend vom Wald dargestellt, der nur in einem Fall eine Kompakte Fläche einnimmt (Luzulo-Quercetum). Alle anderen Areale mit Klimaxstadien sind nur kleinflächig oder linear ausgebildet. Damit prägen Sukzessionsstadien unterschiedlicher Grade den Charakter des Gebiets, welche die Dynamik der Entwicklung kennzeichnen, die auch in der Zukunft zu Veränderungen in der Vegetationsausprägung führen werden. Hierdurch werden sich auch für Veränderungen in Bezug auf die Habitatbedingungen für die Westliche Smaragdeidechse ergeben (Details s. Anhang).

4. Biologie der Art

4.1 Systematik

Aus der systematischen Einordnung der Art können die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse im Kontext der verwandten Arten betrachtet werden und mit diesen verglichen werden. Die

Westliche Smaragdeidechse *Lacerta bilineata*, DAUDIN 1802 gehört systematisch betrachtet in die Ordnung Schuppenkriechtiere (*Squamata*) und dort wiederum zu der Familie der Lacertiden Eidechsen, deren Verbreitungsgebiet Eurasien und den Afrikanischen Kontinent umfasst. Innerhalb der Lacertiden Eidechsen gehören die Smaragdeidechsen zu der Gattung der Halsbandeidechsen (*Lacerta sensu stricto*). In diese Untergattung werden aktuell acht Arten gestellt. Zu den drei monotypischen Arten dieser Untergattung gehören *Lacerta schreiberi*, *Lacerta strigata* und *Lacerta pamphylica*. Die fünf restlichen Arten, *Lacerta agilis*, *Lacerta viridis*, *Lacerta media*, *Lacerta trilineata* und *Lacerta bilineata* sind polytypisch (ELBING 2001). In der phylogenetischen Betrachtung werden andere Gruppenzuordnungen erkennbar, die drei Linien erkennbar werden lassen: die *Lacerta agilis* Gruppe, die *Lacerta trilineata* Gruppe und die *Lacerta viridis* Gruppe. Das weiteste Verbreitungsgebiet hat zweifellos die *Lacerta agilis* Gruppe, deren Verbreitung in der Ost-West Ausrichtung von England bis in die Mongolei und in der Nord-Süd Ausrichtung von Schweden bis nach Griechenland reicht. Die Art wird in eine westliche und eine östliche Unterartengruppe aufgeteilt (BISHOFF 1988).

Die Gruppe der Riesensmaragdeidechsen (*Lacerta trilineata*) umfasst drei Arten, *Lacerta trilineata*, *Lacerta pamphylica* und *Lacerta media*. Außer der Tatsache, dass die Arten der Gruppe großwüchsig sind, gehören drei Rückenstreifen und zwei Seitenstreifen bei den Jungtieren zu den namensgebenden Kennzeichen dieser Gruppe (NETTMANN 2001). Bemerkenswert sind bei diesen Arten auch die Formenfülle und die klimaabhängige Variationsfülle der Färbungs- und Pholidosemerkmale. Die Arten der *Lacerta trilineata* Gruppe gehören aufgrund ihrer Verbreitung zu den pontisch mediterranen Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt in der Türkei (SCHMITTLER 2001). Die Abgrenzung der Verbreitungsräume der Arten und der einzelnen Variationsformen ist nicht eindeutig.

Mit vier Arten umfasst die *Lacerta viridis* Gruppe die meisten Arten, *Lacerta schreiberi*, *Lacerta strigata*, *Lacerta viridis* und *Lacerta bilineata*. In der jetzigen Artenzahl ist dies eine junge Gruppe, deren Einheit durch Hybridisierungsversuche untermauert wurde (RYKENA 2001). Auch analoge typische Verhaltensweisen weisen auf eine Monophylie der Gruppe hin (NETTMANN 2001). Die Gruppe vereint jedoch sowohl monotypische als auch polytypische Arten. Im Gegensatz zu der vorherigen Gruppe zeigen die vier Arten ein heterogenes Verbreitungsmuster, welches nicht auf eine bestimmte Region in Europa beschränkt ist. Vielmehr zeigt die heutige Verbreitung deutlich die Muster der glazialen Refugien (RYKENA 1987). Demnach haben *Lacerta schreiberi* und *Lacerta bilineata* im Südwest mediterranen Raum auf der Iberischen Halbinsel das Glazial überstanden und *Lacerta strigata* und *Lacerta viridis* in Refugien im pontisch kaspischen Raum. Die Arten dieser Gruppe sind in ihren Verbreitungsmustern klar voneinander abgegrenzt. Zwischen *Lacerta schreiberi* und *Lacerta bilineata* gibt es eine Kontaktzone auf der iberischen Halbinsel im Kantabrischen Gebirge, wo jedoch beide Arten nur lokal sympatrisch vorkommen. Außerdem ist eine Kontaktzone

zwischen *Lacerta bilineata* und *Lacerta viridis* in Istrien bekannt, welche noch nicht eindeutig abgegrenzt worden ist (JÖGER et al. 2001). Die beiden Arten wurden bis zu den Arbeiten von RYKENA (1991) und AMANN et al. (1997) zu einer Art (*Lacerta viridis*) zusammengefasst. Ausgehend vom Unterartkonzept von BÖHME (1978) führten diese Arbeiten zur Aufspaltung der Art *Lacerta viridis* in eine südwestmediterrane Art, *Lacerta bilineata* und einer südostmediterranen Art, *Lacerta viridis*. Die Unterarten beider Arten sind bisher nicht abschließend untersucht worden. Die Unterart *L. b. bilineata* besiedelt wohl den überwiegenden Teil des Verbreitungsraums der Art. Auch die südwestdeutschen Reliktvorkommen werden von dieser Unterart besiedelt. Die Einteilung und Abgrenzung weiterer Unterarten auf der Italienischen Halbinsel südlich der Poebene ist seit den ersten Ansätzen in den Studien von TADDEI (1950) und MERTENS & MÜLLER (1940) nicht abschließend erfolgt (Abb. 13). Auch *Lacerta viridis viridis* besiedelt den überwiegenden Teil des Verbreitungsraums der Art. Die Ost- bzw. Südostdeutschen Vorkommen werden von dieser Unterart besiedelt. Die Unterteilung von Unterarten ist auch hier bei dieser Art bisher nur in Ansätzen erfolgt. Vor allem entlang der Ägäisküste und der südlichen Schwarzmeerküste werden weitere Unterarten vermutet (SCHMIDTLER 2001). Eine eindeutige Differenzierung der Unterarten an den Peripherien der Verbreitungsareale von *Lacerta bilineata* und *Lacerta viridis* steht noch aus. Für die deutschen Vorkommen ist diese eindeutig geklärt (ELBING 2001).



Abb. 13: Verbreitung der Westlichen Smaragdeidechse (*L. b. bilineata*) in Westeuropa inklusive der Isolate auf den Kanalinseln, dem Rheingebiet und den strittigen Arealgrenzen in Oberitalien/Istrien (gekennzeichnet durch: ?)

4.2 Besiedelungsgeschichte und Verbreitung von *L. bilineata*

Das Verbreitungsareal der Westlichen Smaragdeidechse umfasst weite Teile Zentral-Frankreichs bis in die Normandie, wo die nördliche Verbreitungsgrenze liegt und über eine Linie in den Tälern der Oise, Aisne und Marne verläuft. Eine exakte Abgrenzung wurde jedoch noch nicht vorgenommen (ELBING 2001). Isolierte Vorkommen bestehen auch auf den britischen Kanalinseln Jersey und Guernsey, deren Besiedelung vor 10.000 Jahren erfolgt sein muss, da zu diesem Zeitpunkt zum letzten Mal eine Landbrücke zum Mitteleuropäischen Festland bestand (NETTMANN & RYKENA 1984). Im Süden überschreitet das Verbreitungsareal die Pyrenäen nach Nordspanien in die feucht-gemäßigten Provinzen Santander, Soria und Logrono. Nach Osten erstreckt sich das Verbreitungsgebiet nach Norditalien bis in die Poebene, wo die Abgrenzung der Unterart *L. b. bilineata* nach Süden zu weiteren italienischen Unterarten nicht geklärt ist. Bis nach Istrien erstreckt sich die Verbreitung nach Osten wo sie auf die Schwesterart *L. viridis* trifft (Abb. 13).

Grundsätzlich lässt die Lage und Verbreitung der Vorkommen der Art verschiedene Wege der Einwanderung in den Deutschen Raum vermuten. Da die Art vor allem entlang der Flusstäler siedelt, die bestehenden Vorkommen im Einzugsgebiet des Rheins liegen und sie sich entlang von Flüssen ausbreitet, können zwei mögliche Routen postuliert werden. Zum einen soll die Ausbreitung über Lothringen in das Moseltal und von dort bis an den Oberrhein erfolgt sein (DÜRIGEN 1897; CYRÉN 1924). Da jedoch bis heute keine gesicherten Nachweise der Art im lothringischen Raum vorliegen (GOOSE & CASTANET 1989) und auch an der Ober- und Mittelmosel nie gesicherte Nachweise erbracht werden konnten muss diese Besiedelungsroutenroute als unwahrscheinlich betrachtet werden. Sehr viel wahrscheinlicher ist die Besiedelung des Südwestdeutschen Raums über die burgundische Pforte entlang des Vogesenfußes erfolgt. Hier erfolgte die Ausbreitung über die Täler der Rhone, Saone und Doubs in den Oberrheingraben bis in die Mittelrheinregion.

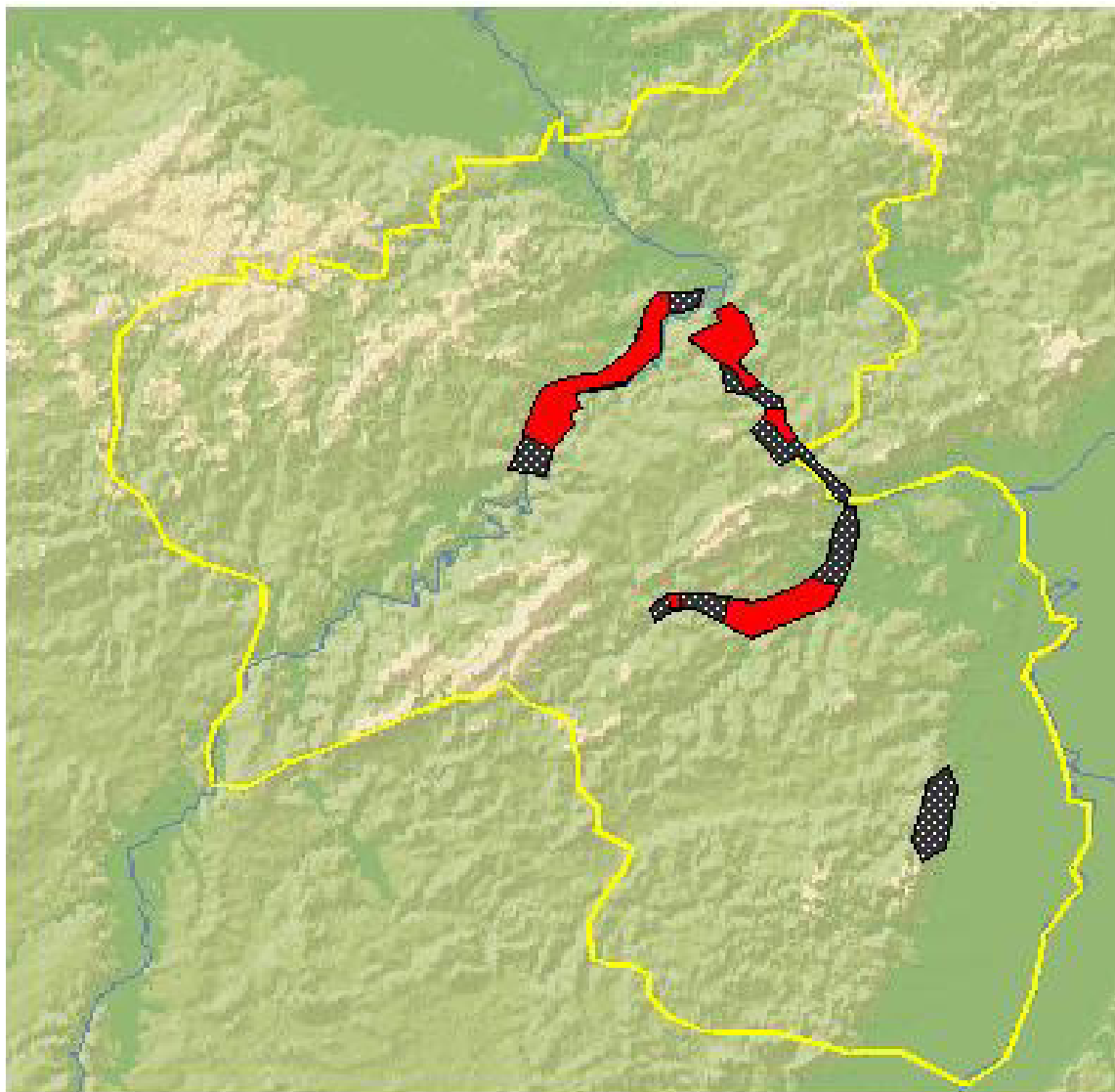


Abb. 14: Verbreitung der Art in Rheinland-Pfalz unter Berücksichtigung der aktuellen Verbreitung (rote Flächen) und der historisch belegten Vorkommen (gepunktete Flächen)

Bestehende Nachweise im Elsass bei Thann, Mühlhausen, Neubreisach, Colmar, Schlettstadt und die ausgestorbene Population in der Pfalz bei Neustadt untermauern diese angenommene Besiedelungsrouten (NIEHUIS & SOUND 1996), wie dies auch bei anderen submediterranen Arten nachgewiesen werden konnte. Die rezent bestehenden Vorkommen dürften somit auch als Relikte eines ehemals geschlossenen Verbreitungsareals angesehen werden (RYKENA et al. 1996a).

In Deutschland existieren drei geschlossene Verbreitungsareale: das Mittelreingebiet mit den Seitentälern der Mosel und der Nahe, die erloschenen Vorkommen in der Pfalz (Abb. 14) und das Vorkommen im Kaiserstuhl/Tuniberg Gebiet. Im Gegensatz zu anderen Bundesländern, in denen die beiden Schwesterarten der Smaragdeidechse nachgewiesen worden sind, zeigt die Westliche Smaragdeidechse in Rheinland-Pfalz eine ausgedehnte Verbreitung. Sicher nachgewiesen wurde die Art an der Unteren Mosel, dem Oberen Mittelrhein, an der Nahe und

am Haardtrand. Darüber hinaus wurden immer wieder weitere Vorkommen genannt, insbesondere im Ahrtal, im Lahntal, an der Mittleren bzw. Oberen Mosel, im Unteren Mittelrheintal, Rheinhessen und in der Oberrheinebene (NIEHUIS & SOUND 1996). Diese z.T. verwirrenden Verbreitungsangaben führten zu einer sehr unterschiedlichen Darstellung der Verbreitung der Art. Erst in den letzten beiden Jahrzehnten ist in Rheinland-Pfalz eine umfassende Darstellung der Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse möglich geworden. Dies ist insbesondere auf die beiden Artenschutzprojekte des Landes, sowie Spezialkartierungen der Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz e.V. (G.N.O.R.) zurückzuführen (GRUSCHWITZ et al. 1984; SCHAUSTEN et al. 1993). Darüber hinaus konnten in bislang unzureichend untersuchten Flächen weitere Nachweise erbracht werden (SOUND & SCHAUSTEN 1997). Aktuell gesichert sind damit 38 Populationen im Mittelrheingebiet. An der Unteren Mosel sind derzeit 19 Vorkommen bekannt, was der Hälfte der Vorkommen in Rheinland-Pfalz entspricht. Die meisten liegen an den Steilhängen des nördlichen Flußufers. Dies gilt auch für die fünf größeren Vorkommen zwischen Cochem und Hatzenport. Die genaue Abgrenzung der Vorkommen ist jedoch nicht bekannt. An der Mittleren Nahe sind aktuell neun Vorkommen der Art bekannt, die sich fast alle zwischen Boos und Bad Münster konzentrieren. Eine Abgrenzung benachbarter Vorkommen ist nicht möglich. Nur das Vorkommen am NSG Flachsberg bei Martinsstein liegt isoliert von anderen Vorkommen. Am Mittelrhein sind derzeit zehn Vorkommen bekannt, von denen die meisten an der rechten Rheinseite liegen. Diese konzentrieren sich an der Rheinschleife bei Boppard und südlich der Loreley. Nur das Vorkommen bei Kestert, welches zwischen den beiden Kernzonen liegt, ist von den benachbarten Vorkommen isoliert. Für weitere Abschnitte dieser Flüsse sind immer wieder Vorkommen postuliert worden. VIANDEN (1952) erwähnte Populationen am Unteren Mittelrhein bis nach Lannersdorf in Nordrhein-Westfalen. Seit dieser Fundmeldung fehlende Belege am Unteren Mittelrhein legen die Vermutung nahe, dass es sich bei diesem Fund um eine Fehlbestimmung oder um ausgesetzte Tiere handelte (SOUND 2001a).

An der Ahr und an der Lahn sind bis heute keine gesicherten Nachweise der Art erbracht worden. Bisherige Hinweise beruhen auf unbestätigten Mitteilungen oder möglicherweise auf Aussetzungen (GRUSCHWITZ 1992; HECHT 1928; HENF & ALFERMANN 2004) und wurden daher verworfen (NIEHUIS & SOUND 1996).

Auch von der Oberen und Mittleren Mosel wurden immer wieder Vorkommen gemeldet (NOLL 1881; HECHT 1928), bestätigt wurden diese jedoch nicht (NIEHUIS & SOUND 1996). Nicht zu vernachlässigen sind Aussetzungen von Tieren, wie sie bis in die jüngste Zeit vorgenommen wurden (z.B. 1998 bei Brauneberg/ Mittlere Mosel in Flurbereinigungsbrache, pers. Mitt. H. SCHAUSTEN und in der Eifel, GRUSCHWITZ et al. 1984). Dies gilt auch für ein in der Oberrheinebene bei Ludwigshafen gemeldetes Vorkommen (GRUSCHWITZ et al. 1984).

4.3 Habitat

Die Habitate in denen die Art nachgewiesen werden kann, zeichnen sich immer durch einen hohen Strukturreichtum aus. Die gilt für das gesamte Verbreitungsgebiet der Art. Hierbei sind Felsstrukturen aller Art von Trockenmauern über Schuttfuren bis hin zu anstehendem Fels zu nennen. Lineare Strukturen wie Wege, Bahndämme, Hochstaudensäume an Fließgewässern, Leitungstrassen, Heckenfluchten und Waldränder gehören zu den bevorzugten Fundpunkten der Art. Daneben können immer wieder in den Vorkommen der Art Weinberge, Obstwiesen, Gärten, xerotherme Trockenwälder, Niederwälder, Halbtrockenrasen, Trockenrasen, Heideflächen, Wiesen jeglicher Brachestadien und sehr oft Verbuschungen jeglicher Stadien nachgewiesen werden. Vegetation verschiedener Stadien scheint jedoch eine unabdingbare Voraussetzung der Habitate zu sein, um dem Bedürfnis der Art nach Deckung Rechnung zu tragen (Abb. 15). Auffallend ist, dass eine äußerst kleinflächige Ausformung dieser Stadien physiologisch notwendige Anforderungen erfüllen können, wie z.B. ein Stein völlig für das Sonnenbad reicht. In den Lebensräumen können auch eine Vielzahl unterschiedlichster Unterschlupfmöglichkeiten nachgewiesen werden (SOUND 1997). Diese sind ebenso wie die diversen Strukturen meist zahlreich über ein Vorkommen verstreut, so dass diese in kurzen Entfernungen erreichbar sind. Alle Vorkommen der Art in Deutschland und auch viele im zentralen Verbreitungsgebiet der Art sind massiv geprägt von der anthropogenen Überformung. Diese lässt sich über sehr lange Zeiträume belegen und hat z.T. auch in extensiver Form eine fördernde Wirkung auf die Art gehabt (MERTENS & SCHNURRE 1949; ELBING 2001; SOUND 2001b) da durch die ständigen Eingriffe in die Flächen immer wieder die Sukzession neu angestoßen wird. Dabei lässt sich nur schwer rekapitulieren wie die Habitate der Art vor Beginn der anthropogenen Störungen gestaltet waren und wie die Strukturdiversität erneuert wurde. Dies ist möglicherweise durch natürliche Katastrophenereignisse wie Hangrutschungen, Feuer, Windwurf oder in flussnahen Bereichen durch Hochwasser erfolgt (BECK et al. 2000; BONN et al. 2005). Diese Sukzessionsflächen dürften am Mittelrhein von extrem flachgründigen, lückigen und wuchsschwachen xerothermen Wäldern ummantelt gewesen sein. Dies könnte ein realistisches Modell der Ursprungshabitate sein, da Vorkommen an ursprünglichen Steilhangbereiche an den Flüssen Doubs und Saone in Frankreich heute noch so gestaltet sind und eine sehr ähnlich Vegetation aufweisen.

Trotz der Tatsache, dass die Art zu den Nahrungsoportunisten gehört und von Brombeeren über Invertebraten hin zu kleinen Wirbeltieren nahezu alles frisst was sie Überwältigen kann, scheint der Strukturreichtum ein wichtiges Kriterium für Jagdgebiete zu sein. Dies konnte so für die nahe verwandte Schwesterart (*Laverta viridis*) in Brandenburg festgestellt werden (ELBING 2001). Aufgrund der Tatsache, dass die Art ein breites Spektrum an Jagdstrategien besitzt und die Habitate der Art unübersichtlich sind gibt es kaum Untersuchungen zu den Jagdgebieten der Art. Diese Argumentation gilt auch für essentielle Lebensäußerungen wie

Lage der Eiablageplätze oder Winterquartiere über deren Status bis heute nur Vermutungen gemacht worden sind (BÖKER 1992; ELBING 2001).

Über die syntope Einnischung der Art mit anderen Reptileinarten gibt es widersprüchliche Angaben. Aufgrund des großen Verbreitungsgebietes ist die Art mit verschiedenen anderen Arten in wechselnden Zusammensetzungen vergesellschaftet. In Rheinland-Pfalz konnten in Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse die Mauereidechse (*Podarcis muralis*), die Zauneidechse (*Lacerta agilis*), die Blindschleiche (*Anguis fragilis*), die Schlingnatter (*Coronella austriaca*), die Ringelnatter (*Natrix natrix*) und die Würfelnatter (*Natrix tessellata*) nachgewiesen werden. Die beiden letzt genannten Arten konnten jedoch nur Ausnahmsweise in den Habitaten der Art kartiert werden. Dies gilt auch für die Zauneidechse im Untersuchungsgebiet, wo beide Arten eindeutig allopatrisch vorkommen, im Gegensatz zu der postulierten sympatrischen Einnischung (ELBING 2001). Dabei besiedelt die Zauneidechse die Plateaulagen der ersten Hauptterrasse und die Westliche Smaragdeidechse die Hanglagen. In Gebieten in denen die Westliche Smaragdeidechse nicht Vorkommen (z.B. Viertälergebiet bei Bacharach) werden auch die Hanglagen besiedelt. Die Ursachen dieser Einnischung sind nicht eindeutig geklärt.



Abb. 15: Strukturdiversität am Ellingsweg im Mittelhang mit dichtem Wechsel von Säumen, Felsflächen, Trockenrasen und Hecken (Aufnahme: Juli 1998).

4.4 Phänologie und Populationsbiologie

Die Westliche Smaragdeidechse ist eine diurnale heliotherme Art. Der Jahresablauf der Aktivität kann für beide Geschlechter verkürzt auf folgendes Muster reduziert werden:

Winterruhe- Revieraufbau und –etablierung- Paarbildung- Paarung- Eiablage– Jagd- Nahrungsphase- und Überwinterung. Dieser Jahresaktivitätsverlauf kann je nach Habitat, Individuum und abiotischen Faktoren (z.B. Witterungsverlauf) z.T. erheblich abweichen. Die Jahresabläufe der Subadulten und der Juvenilen ist demgegenüber nicht eindeutig geklärt. Vor allem die Subadulten entziehen sich durch unauffällige Aktivität einer Untersuchung (ELBING 2001). Dabei wird eine verlängerte Aktivitätsperiode der Subadulten und Juvenilen gegenüber den Adulten postuliert. Je nach klimatischem Verlauf des Frühjahrs beendet die Art die Hibernation zwischen Februar und März, wobei dann noch keine eigentliche Aktivität im Sinne von Ortsbewegungen oder sonstigen Aktivitäten erfolgt. Diese beginnen erst ab April. Nach dem Ende der Posthibernationsphase (Mitte April) etablieren die Männchen ihre Reviere und leiten damit die Paarungszeit ein. Diese dauert bis Ende Mai. Die Weibchen legen die Eier drei bis sechs Wochen nach der Paarungszeit ab (BÖKER 1987). Für die Männchen ist die Hochsommerperiode geprägt vom Ausgleich der physiologischen Defizite (SOUND 1997). Dies dürfte bei den Weibchen nach der Eiablage mindestens in ähnlichem Umfang der Fall sein. Mit dem Rückgang der Tageslänge nimmt auch die Aktivität der Art ab, die dann Ende September/Anfang Oktober in den Beginn der Hibernation mündet, die im Extremfall bis zu sechs Monate dauern kann.

Die innerartliche Kommunikation erfolgt, sowohl über visuelle Reize, als auch über olfaktorische Signale. Die Kommunikation über visuelle Reize ist gut dokumentiert (NETTMANN & RYKENA 1984). Doch sie impliziert auch eine gute visuelle Sichtbarkeit der Kommunizierenden. Dies ist bei der Art aufgrund der Habitateigenschaften nur zur Paarungszeit gegeben, wo die sonst einzeln lebenden Tiere paarweise auftreten. Die Kommunikation über Signal sezernierende Organe wie die Femoralporen oder die Kloake ist diskutiert worden (ABEL 1951; NETTMANN & RYKENA 1984; SOUND 1997; SOUND & VEITH 2000). Trotz der Belege für eine indirekte innerartliche Kommunikation stehen hierfür konkrete Untersuchungen aus.

Die Aktivität der Art ist am Mittelrhein unimodal. Mutmaßungen über ein bimodales Verhalten haben sich nicht bestätigt und sind teilweise auf die angewandten Methoden zurückzuführen (SOUND 1997; BÖKER 1990a,b). Dabei richtet sich die Aktivität nach dem Sonnenstand (RISMILLER & HELDMAIER 1986, 1988, 1991) und aktuellen Wetterbedingungen. Die Bewegungsmuster werden vor allem im Frühjahr und im Spätsommer direkt mit dem Wetter korreliert, im Hochsommer dagegen kaum (SOUND & VEITH 2000).

Die Fortpflanzung erfolgt zwischen Mitte April und Mitte Mai. Dabei geht die Hauptaktivität von den Männchen aus, sowohl beim Aufbau der Reviere wie auch bei der Bindung von Weibchen und bei der Verteidigung dieser. Die Weibchen sind dabei eher passiv. Es können mehrere Gelege mit bis zu 13 Eiern abgelegt werden (ELBING 2001). Am Mittelrhein dürfte es in der Regel nicht mehr ein Gelege pro Jahr sein (BÖKER 1987). Freilandbeobachtungen zu

Gelegeart, -größe, -lage oder -beschaffenheit liegen nicht vor (ELBING 2001). Zur Eizzeitigung liegen nur Laborbeobachtungen vor, nach denen die Dauer bis zum Schlupf 81 bis 106 Tage beträgt. Diese Werte sind dabei temperaturabhängig (ROLLINAT 1934; NETTMANN & RYKENA 1984).

Untersuchungen zu Populationsdichten, -größen und -struktur existieren nur in geringem Umfang und beruhen in allen Fällen auf opportunistischen Schätzungen (BÖKER 1987, 1990b). Dies gilt ebenso für das Geschlechterverhältnis, die Lebenserwartung und Sterberaten (ELBING 2001). Nur bei einzelnen Exemplaren konnte das Mindestalter der Individuen mit hoher Sicherheit ermittelt werden. Demnach ist eine Lebenserwartung bei Tieren im Mittelrheingebiet von mindestens 10 Jahren belegt (NIEHUIS & SOUND 1996).

Dokumentationen über die Prädation von Smaragdeidechsen und Einflüsse möglicher Prädatoren liegen nicht vor. Literaturquellen fußen meist in einer Zusammenstellung aller möglichen Prädatoren eines Gebietes (ELBING 2001).

4.5 Gefährdung und Schutz

Trotz lokaler Unterschiede können in Rheinland-Pfalz zwei wesentliche Gefährdungsursachen für die Art festgestellt werden:

1. Aufgabe der Bewirtschaftung und Großflächige Verbuschung

Durch die Aufgabe extensiver Bewirtschaftung großer Areale sind in den letzten Jahrzehnten die Habitate vieler Populationen grundlegend verändert wurden. Noch bis in die 60er Jahre hinein waren die Täler von Mosel, Nahe und Mittelrhein geprägt durch mosaikartig kleinstrukturierte Flächen, die extensiv bewirtschaftet wurden. Wein- und Streuobstanbau dominierten diese Gebiete, gefolgt von Kleingärten (HAHN 1956; STASCHINSKI et al. 1999). In den 60er Jahren erfolgte ein schlagartiger Zusammenbruch der Bewirtschaftung großer, jahrtausendlang vom Menschen geprägter Strukturen (BAUMGARTEN 1951; v. BERG 1998, GILLES 1999; VOLK 1998). Diese Tendenz hat sich in den letzten Jahren zwar verlangsamt, aber die großflächige Verbuschung und die damit einhergehende Homogenisierung der ehemals strukturreichen Kulturlandschaft schreitet unvermindert voran (s. Anhang). Insbesondere stark gedüngte ehemalige Weinberge sind von schnell fortschreitendem Aufwuchs durch *Rubus sp.* und *Clematis vitalba* geprägt. Die schnelle Sukzession von offenen Standorten hat auch Änderungen in den mikroklimatischen Verhältnissen der Vorkommen geführt. Baumbestandene Areale mit wenigen offenen Flächen führen zu Änderungen in den Windverhältnissen und damit zu einer Abschwächung des xerothermen Charakters dieser Lagen (SCHMITT 1989). Wie stark der Stickstoffeintrag aus der Luft diese Tendenzen in den Steilhängen beschleunigt, ist unklar, dennoch ist unverkennbar, dass viele Standorte in den letzten Jahren sehr viel schneller verbuschen, als dies vorher der Fall war (IBROM 1995; ULRICH et al. 1979). Insbesondere Flächen, die Jahrzehnte lang offene Areale in den

Steillagen garantierten, wie z.B. kleinere Felsköpfe, werden seit einigen Jahren schnell überwuchert. Dadurch werden auch Rückzugsflächen für die Art unbrauchbar, und vor allem potentielle Eiablagegebiete gehen verloren.

2. Flurbereinigungen

Insbesondere in den 60er und 70er Jahren wurden in den Haupt-Weinanbaugebieten an Mittelrhein, Mosel, Nahe und am Haardtrand Flurbereinigungen durchgeführt. Bedingt durch die Topographie waren in den Flusstälern von Mosel, Nahe und Mittelrhein keine so extremen Flurbereinigungen wie am Haardtrand möglich. Durch diese wurden selbst die topographischen Grundzüge der Landschaft verändert, so dass der Art dort selbst Rückzugsgebiete genommen wurden, bzw. sie an suboptimale Standorte verdrängt wurde. In allen Arealen wurden jedoch weite Teile der Vorkommen grundlegend verändert, obwohl in den Tälern des Rheinischen Schiefergebirges massive Eingriffe nur schwer möglich waren. So wurden Felsköpfe gesprengt, Wasseradern verrohrt und Wege massiv ausgebaut (DEGE 1973; HAHN 1977, 1979). Dadurch wurden nicht nur die in 2000 Jahren gewachsenen Nutzungsstrukturen zerstört, sondern auch die gewachsene Anpassung der Westlichen Smaragdeidechse an die anthropogene Nutzung.

5. Methoden

5.1 Telemetrie

Der Lebensraum der Westlichen Smaragdeidechse liegt in heterogen strukturierten Landschaften, die sehr unübersichtlich gestaltet sind (s. Kap. 3.9). Dadurch ist eine Beobachtung oder Verfolgung der Tiere schwierig. Um jederzeit eine Detektion Tiere und individuelle Markierung zu ermöglichen, wurde die Radiotelemetrie eingesetzt. Dadurch konnten die Tiere auch in schwerstem Gelände und über weitere Strecken (bis zu 100m) erfasst und beobachtet werden.

Zwischen 1996 und 2000 wurden insgesamt 25 adulte Tiere der Westlichen Smaragdeidechse telemetriert (14 Männchen und 11 Weibchen). 1996 wurden 11 Männchen und ein Weibchen nach der Paarungszeit telemetriert. Daten und Beobachtungen einer Diplomarbeit (SOUND 1997) wurden für die vorliegende Arbeit neu ausgewertet. Auch 1997 wurden vier Männchen und drei Weibchen nach der Paarungszeit untersucht. Dabei wurden zwei Tiere aus dem Vorjahr erneut in die Untersuchung einbezogen. 1998 wurden zwischen April und Oktober fünf Männchen sowie fünf alte und zwei junge Weibchen telemetriert. Bis auf zwei Tiere waren alle Männchen schon 1996 untersucht worden. Von den Weibchen wurde nur eines erneut telemetriert. Im Jahre 1999 wurden vier Tiere zum wiederholten Mal telemetriert, unter anderem ein Männchen, welches bereits 1996 einmal und 1998 zweimal telemetriert worden war. Im Jahre 2000 wurden 2 Tiere erneut telemetriert (Tab. 1 & Abb. 16).

Tab. 1: Zusammenfassende Übersicht über die telemetrierten Individuen der Art

	1996 ⁽¹⁾	1997	1998	1999	2000	$\Sigma^{(2)}$
Anzahl der telemetrierten Männchen	11	10	8	2	2	14
Anzahl der telemetrierten Weibchen	1	3	8	2	1	11

⁽¹⁾ Neuauswertung von Daten die im Rahmen einer Diplomarbeit erhoben wurden. Relevant nur für Kapitel 8

⁽²⁾ Summenwert ohne mehrfach telemetrierte Tiere

Alle Sender wurden peritoneal implantiert. Es wurden vier verschiedene Sendertypen der Firmen Custom Electronics, Holohill und Wildlife Electronics eingesetzt. Die durchschnittlichen Gewichte betrugen 4,5g, 2,6g und 1,9g, dies entspricht 5-13% des Körpergewichts. Die durchschnittliche Senderlaufzeit betrug zwei Monate. Die größten Abweichungen ergaben sich bei Sendern mit selbst angelöteten Batterien. Als Empfänger diente ein Reciever der Firma Stabo (Typ XR 100) mit einem Vorverstärker. Anfangs wurde eine H-Antenne und im weiteren Verlauf eine aus drei Elementen bestehende Yagi-Antenne verwendet.

Allen Versuchstieren wurden zusätzlich zu den Sendern passive Transponder (P.I.T.) zur Identifikation nach Ausfall der Sender implantiert.

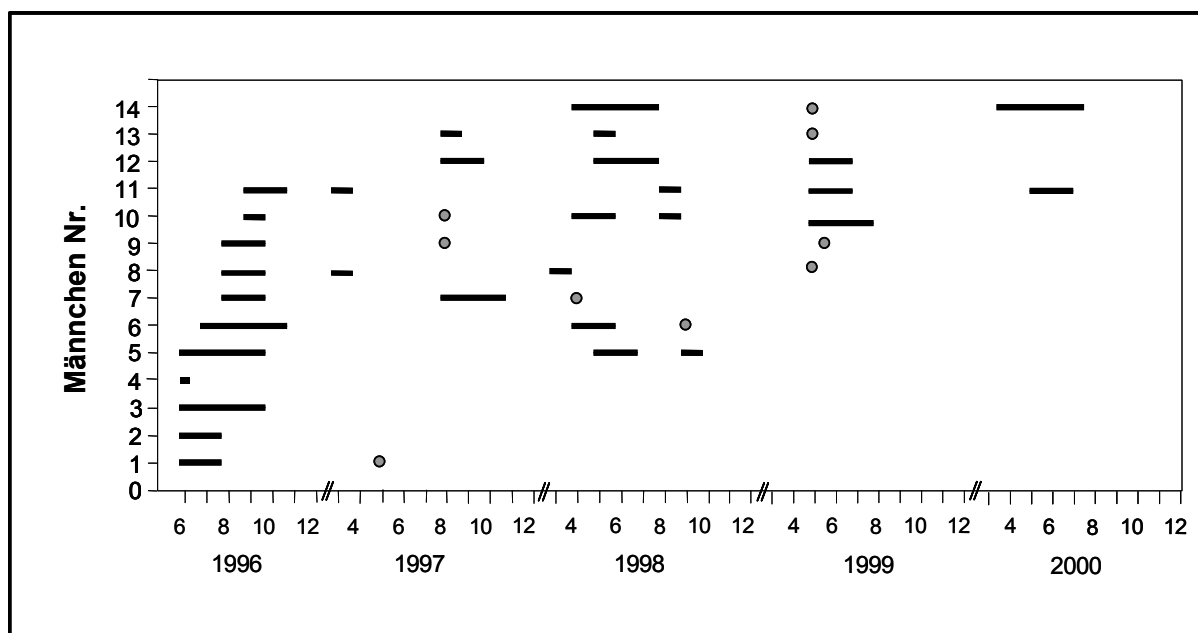


Abb. 16: Exemplarische Darstellung der Telemetriedauern und –häufigkeiten der männlichen Tiere (schwarze Linien) und nachfolgende Sichtungen (graue Punkte)

Für den Eingriff wurden alle Tiere gekühlt. Dazu wurden sie für ca. zwölf bis fünfzehn Minuten in ein Kühlfach bei -18°C gesetzt. Die Bauchhöhle wurde mit einem ca. 8 mm langen Schnitt zwischen der 5. und 6. Bauchschildreihe geöffnet und anschließend Sender und P.I.T. in die Bauchhöhle eingesetzt. Die Schnittstelle wurde mit einer chirurgischen Knopfnahrt verschlossen, desinfiziert und mittels Sprühverband zusätzlich versiegelt. Für 24 bis 48 Stunden wurden die Tiere in einem Kleinterrarium mit Fließunterlage gehältert. Der Sprühverband wurde alle sechs Stunden erneuert, um ein Aufreißen der Naht zu verhindern. Danach wurden sie an der Fangstelle wieder ausgesetzt (SOUND et al. 2001).

5.2 Klimaerfassung

Mikroklimatische Daten wurden mittels elektronischen Dataloggern der Firma Orion ermittelt. Zusätzlich wurde eine Wetterstation mit einem Thermo-Hydrographen im Untersuchungsgebiet betrieben. Die Einordnung der ermittelten Werte wurde aufgrund der Klimastation Bad Salzig durchgeführt.

5.3 Statistische Auswertung

Die Auswertung aller Daten erfolgten mit den Programmen Statistica der Firma Statsoft und StatXact. Detaillierte Angaben zu den Auswertungsmethoden und –analysen sind den jeweiligen Kapiteln zu entnehmen.

6. HIBERNATION

6.1 Einleitung

Hibernation ist ein ausgedehnter Zustand der Anpassung eines Organismus, bei dem Energiereserven durch eine Minimierung des Körpermetabolismus eingespart werden um unvorteilhaften äußeren Bedingungen, reduzierter Nahrungsressourcen und klimatischer Situationen zu entgehen (GREGORY 1982). Diese Anpassungsform wird von vielen Reptilien gemäßigter Breiten und großer Höhen mit nur wenigen Ausnahmen vollzogen (SAINT GIRONS & SAINT GIRONS 1956). Fast alle Arten betreiben nur eine minimale metabolische Thermogenese (BARTHOLEMEW 1982), deshalb sind sie gezwungen eine physiologische Anpassung auszuführen, um sich unvorteilhaften äußeren Bedingungen zu entziehen. Dabei bringt diese Aktivität Vorteile mit sich, die weitreichende Konsequenzen für die aktive Saison haben können. Grundsätzlich wird die Hibernation als Mechanismus interpretiert, um durch reduzierten metabolischen Umsatz Energieeinsparungen in Perioden reduzierter Futterverfügbarkeit durchzuführen (MROSOVSKY 1971). Ein reduzierter Metabolismus aufgrund herabgesetzter Strahlungsenergie, der zu einer reduzierten Aktivität führt, stellt ein hohes Prädationsrisiko gegenüber Fressfeinden dar, dem durch die Hibernation ausgewichen werden kann. Letztendlich trägt die Fähigkeit zur Hibernation, auch dazu bei, dass viele Arten ihr Verbreitungsgebiet viel weiter nach Norden ausdehnen können (z.B.: *Lacerta vivipara* oder *Anguis fragilis*). Dabei muss der Prozess der Hibernation nicht zwangsläufig an einem geographischen Punkt bei allen dort vorkommenden Arten gleich ablaufen. Zum Teil überwintern Arten für lange Perioden während andere am gleichen Ort fast keine Hibernation durchführen (COWLES 1941). Zwischen diesen beiden extremen Verhaltensweisen konnten fließende Übergänge nachgewiesen werden (VITT 1974; RUBY 1977). Eine Regel scheint sich dabei abzuleiten, nach der kleine Arten länger aktiv sind und während kurzer Wärmephasen schneller wieder aktiv werden als größere Arten. Selbst bei der gleichen Art muss die Hibernation nicht an jedem Punkt ihres Verbreitungsgebietes identisch ablaufen. Einige mediterrane Reptilienarten überwintern am Mittelmeer nicht und zeigen am Nordrand ihrer Verbreitung darin ein ausgeprägtes Verhalten (SAINT GIRONS & SAINT GIRONS 1956). Auch hier scheinen Arten mit einem großen Verbreitungsspektrum eine größere Variabilität im Hibernationsverhalten zu besitzen (z. B. *Vipera berus*, VIITANEN 1967 od. *Lacerta vivipara* VOITURON et al. 2002a,b; 2004). Diese Variabilität lässt sich sogar innerhalb eines Verbreitungsgebietes einer Art wiederfinden. Variabilität existiert auch innerhalb der Geschlechter und auch in verschiedenen Alterstufen. Dies konnte beispielsweise nachgewiesen werden bei *Vipera aspis* oder *Vipera berus* (PRESTT 1971; DUGUY 1963; ANDERSSON & JOHANSSON 2001). Die innerartliche Regel der Dauer und Konstanz der Hibernation bei größeren oder kleineren Tieren scheint auch intraspezifisch zu gelten (RUBY

1977). Als Gründe hierfür werden die unterschiedlichen physiologischen Ansprüche der unterschiedlichen Altersstufen einer Art angeführt.

Grundsätzlich streben die meisten Arten eine Hibernation unter frostfreien Bedingungen an. Neuere Untersuchungen belegen, dass viele Arten Frostperioden innerhalb der Hibernakula zumindest bis zu einem gewissen Grad (bis -3°C) tolerieren (COSTANZO & CLAUSEN 1988, ANDERSSON & JOHANSSON 2001). Dabei werden jedoch nur kurze Frostperioden toleriert die bis zu einem Maximum von vier Wochen reichen könnten (*Thamnophis sirtalis* GREGORY 1977; *L. vivipara* COSTANZO et al. 1995). Diese Frosttoleranz, um den Gefrierpunkt, die zu einer Reduktion des Metabolismus auf ein absolutes Minimum führt, kann vor allem für Arten von Vorteil sein, die lange Perioden überwintern müssen. *Lacerta vivipara* ist die einzige (bekannte) Eidechsenart auf der Welt, die nördlich des Polarkreises vorkommt. Daher ist es verständlich, dass die Frosttoleranz bei dieser Art am stärksten ausgeprägt ist. Grundsätzlich ist die Frosttoleranz und –dauer von Art zu Art unterschiedlich und gilt in ihrer Ausprägung als wichtiges Indiz für das Potenzial einer Art unvorteilhafte Klimazonen zu besiedeln.

Bei den Faktoren, die die Hibernation induzieren wird in exogenen und endogenen Faktoren unterschieden. Bei den exogenen Faktoren sind die auslösenden Stimuli Temperatur und Photoperiode am offensichtlichsten. Bei der Temperatur ist dies als auslösender Faktor oft in der Vergangenheit korrelativ postuliert worden, ohne dass analytisch getestet worden wäre, ob diese Aussage stimmt (GREGORY 1982; GRIGG et al. 2004). Bei einigen Arten konnte nachgewiesen werden, dass die fehlende Fähigkeit bestimmte Körpertemperaturschwellen aufrecht zu erhalten der auslösende Faktor war (JACOB & PAINTER 1980; SANDERS & JACOB 1981). Obwohl die Veränderungen der Photoperiode als auslösende Faktoren offensichtlich erscheinen (z.B. Hibernationsende, BLOUIN DEMERS et al. 2000) sind die Zusammenhänge hierzu kaum untersucht worden.

Lange war die Vorstellung verbreitet, dass Reptilien während der Hibernation keine aktiven Prozesse durchlaufen und dies nur aus den oben genannten Gründen sinnvoll ist, weil sie nicht in der Lage sind den kälteinduzierten Temperaturabfall durch eigene Wärmeproduktion auszugleichen (GREGORY 1982). Allein die signifikante Reduktion des Metabolismus in der Hibernation gegenüber Phasen in der Sommeraktivitätsperiode mit den gleichen Außentemperaturen spricht für aktiv stattfindende Prozesse (JOHANSEN & LYKKEBOE 1976). Die für den Reptilienmetabolismus postulierte Regel des Q_{10} Effekts (POUGH et al. 2001), der von einer Erhöhung bzw. Erniedrigung des Metabolismus um das Doppelte bzw. Halbierung bei einem Temperaturanstieg bzw. -abfall um 10°C ausgeht, kann so in der Hibernation nicht nachvollzogen werden. Tatsächlich können Reptilien, gerade am Ende einer Hibernation, ihre Aktivität trotz moderater Temperaturen, im Vergleich zu Ruhephasen bei gleichen Temperaturen, erheblich steigern. Dies ist von entscheidender Bedeutung für einen zügigen Beginn der Sommeraktivität. Die Veränderung des Q_{10} Effekts stellt jedoch nicht das einzige

sichtbare Anzeichen für Veränderungen im Metabolismus während der Hibernation dar. Ein weiteres bekanntes Phänomen ist der Einfluss der Hibernation auf den Reproduktionszyklus. Ohne diesen Faktor können viele Reptilien gemäßigter Breiten keine erfolgreiche Reproduktion durchführen. Bei männlichen Tieren einiger Arten ist eine Dunkelphase mit reduzierten Temperaturen notwendig, um die Spermatogenese auszulösen und eine „Lying out“ Phase, d.h. eine Posthibernationphase in der die Aktivität durch Sonnenbaden geprägt wird, notwendig, um die Spermienreifung abzuschließen (*Vipera berus*, VOLSØE 1944; *Lacerta viridis*, ELBING 2001). Auch bei Weibchen verschiedener Arten, vornehmlich Schlangen (z.B. *Vipera aspis*, SAINT GIRONS 1973 oder *Thamnophis sirtalis*, GREGORY & STEWARD 1975) konnten direkte Einflüsse einer Hibernation im Reproduktionszyklus nachgewiesen werden. Neben diesen direkt sichtbaren Auswirkungen auf den reproduktiven Metabolismus führt die Hibernation zu vielen anderen Veränderungen im Metabolismus, wie zum Beispiel dem Glycogen-Stoffwechsel (VOITURON et al. 2000, 2002a,b), dem Lipid-Stoffwechsel (DERICKSON 1976), dem Proteinspiegel (ALESNIUK & STEWART 1971) und Veränderungen in den Blutwerten (AKBAR et al. 1978). Insbesondere die Rolle des Glycogen- Spiegels bei der Frosttoleranz von Reptilien war dabei Gegenstand einiger Untersuchungen (GREGORY 1982; COSTANZO & CLAUSSEN 1988; COSTANZO & LEE 1994). Zusammenfassend konnten diese Untersuchungen zeigen, dass Reptilien gemäßigter Breiten und großer Höhen in der Hibernation aktive Prozesse zur Vorbereitung kommender Aktivitäten durchlaufen und dass durch eine aktive differenzierte Einstellung des Metabolismus während der Hibernation physiologische Anpassungsprozesse vorgenommen werden.

Über die Hibernation der Westlichen Smaragdeidechse existieren bis heute keine Freilandstudien. Zwar wurden in Laborstudien Untersuchungen über die Hibernation der Art gemacht, diese sind jedoch nur sehr eingeschränkt mit dem Freiland vergleichbar (RISMILLER & HELDMEIER 1982, 1986, 1988 & 1991). Auch bei der nahe verwandten Schwesterart, der Östlichen Smaragdeidechse, konnte trotz intensiver Freilandstudien keine Beobachtungen zur Hibernation im Freiland gemacht werden (ELBING 2001). Dennoch wurden Vermutungen zum Hibernationsverhalten angestellt, die sogar Eingang in Artenschutzprojekte fanden (BÖKER 1987; SCHAUSTEN et. al. 1993; BÖKER et al. 1995). Dabei wurden immer wieder die im Gebiet weit verbreiteten Trockenmauern als Orte der Überwinterung postuliert (GRUSCHWITZ 1992; ELBING 2001), ohne dass es hierfür einen greifbaren Nachweis gegeben hätte. Zwei Indizien haben zu dieser nachvollziehbaren Annahme geführt. Zum einen konnten Trockenmauern als Hibernationsorte anderer im Mittelrheingebiet vorkommender Arten nachgewiesen werden (OBERMANN & GRUSCHWITZ 1992; PODLUKY & WAITZMANN 1993). Zum anderen wird für die Art eine Frostfreiheit der Hibernationsquartiere postuliert, was in naturnahen alten Trockenmauern mit Kontakt zum Erdreich gegeben sein soll (ELBING 2001). Da die Art bis zu sechs Monate im Jahr, in der Hibernation verbringt, stellt diese Periode eine der wichtigsten Herausforderungen

für die Art hinsichtlich der Wahl eines geeigneten Habitats dar. Mein Untersuchungsgebiet liegt am nördlichsten Rand der Verbreitung der Art in Europa. Hier müssen sowohl die Habitateigenschaften als auch die physiologischen Anpassungsmuster der Art ihre maximalste Ausprägung erhalten, um ein dauerhaftes Überleben der Art zu sichern. In diesem Kapitel der Arbeit sollen diese beiden Grundvoraussetzungen untersucht und interpretiert werden, im Hinblick auf ihre Relevanz bei der Verbreitung der Art *Lacerta bilineata*.

6.2 Methode

Alle untersuchten Tiere wurden zuvor telemetriert. Dadurch konnte ich sie bis in die Hibernationsquartiere verfolgen bzw. in diesen aufspüren. Dabei wurde kein Tier direkt vor Beginn der Hibernation mit einem Sender ausgestattet, um nicht Verhaltensartefakte zu erzeugen. Deswegen beruhen die Untersuchungen auf Tieren, die zu Beginn der Hibernation noch intakte Sender trugen. Der Beginn der Hibernation wurde angenommen, wenn die Tiere die Quartiere, trotz Wetterlagen mit hoher Insolation und Tagestemperaturen über 10°C nicht mehr tagsüber verließen. Nach dem Beginn der Hibernation wurden die Quartiere vorsichtig aufgedeckt, bis die Individuen sichtbar waren. Dies gilt nicht für die erste der fünf untersuchten Hibernationsperiode 1996/1997 in der die Tiere nach 31 Tagen ausgegraben wurden. Es wurden in allen untersuchten Hibernationsperioden in allen entdeckten Quartieren Temperatur Datalogger mit Außenmessfühlern an der Hautoberfläche platziert, um die Temperaturen an den Tieren stündlich zu messen. Danach wurde der Ursprungszustand des Hibernationsquartiers, soweit möglich, wiederhergestellt. Alle vier Wochen wurden die Datalogger kontrolliert und ausgelesen. Zur Mitte der Hibernation (Anfang Januar) wurden die Quartiere und die Tiere nochmals kontrolliert (Sichtkontrolle). Kontrollen bzw. Ausgrabungen während Frostperioden wurden unterlassen. Außerplanmäßige Kontrollen wurden durchgeführt, wenn äußere Veränderungen an den Quartieren erkennbar waren, wie zum Beispiel Grabversuche von Wildtieren (z.B. Wildschweine). Eine Beendigung der Hibernation wurde angenommen, wenn die Tiere eine Außenaktivität zeigten (zumeist Sonnen vor dem Hibernationsquartier) und das Quartier wechselten. Es erfolgte eine Auswertung der gemittelten Werte der Temperaturen aller in einer Winterperiode untersuchten Tiere. In allen Untersuchungsperioden wurde die Lufttemperatur als Referenzwert mittels Dataloggern erfasst.

In der Hibernationsperiode 1996/1997 wurde zusätzlich exemplarisch das Temperatur- und Feuchtigkeitsprofil einer exemplarischen Trockenmauer in 10cm, 50cm und in 80cm Tiefe (maximal mögliche Tiefe) mit Dataloggern erfasst und mit dem der Hibernationsquartiere verglichen. Bei einem Tier (Nr. 12, vergl. Tab. 7) wurde auch das Feuchtigkeitsprofil des Hibernationsquartiers erfasst.

In der Hibernationsperiode 1997/1998 wurden zwei Weibchen und ein Männchen untersucht. Die Luft- und die Quartiertemperatur wurde erfasst und verglichen. Aufgrund von Beschädigungen der Datalogger konnten nur die Werte eines Quartiers (Weibchen Nr. 21) ausgewertet werden.

Tab. 2: Zusammenfassende Übersicht der untersuchten Individuen über alle Hibernationsperioden

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001
Zahl der untersuchten Tiere	2 (♂)	3 (2 ♀ + 1 ♂)	2 (♂)	1 (♂)	1 ⁽¹⁾
Hibernations Zeitraum	15.10.96-09.02.97	17.10.97-10.02.98 ⁽²⁾	25.10.98-28.02.99	26.10.99-05.02.00	29.10.00-06.02.01

⁽¹⁾ Simulierte Hibernation in der Fläche in der Nr. 26 1998/1999 und 1999/2000 überwinterte

⁽²⁾ Ohne Tier Nr. 8, welches am 24.03.98 gefressen wurde

In der Hibernationsperiode 1998/1999 wurden zwei Männchen untersucht. Zusätzlich wurden drei häufig verwendete Sommerverstecke der Tiere, die kurz vor der Hibernation verwendet wurden, auf ihre Temperaturprofile untersucht.

In der Hibernationsperiode 1999/2000 wurde ein Männchen (Nr. 26) untersucht.

Das Temperaturprofil von zwei Spätsommerquartieren wurde zum Vergleich mit Dataloggern erfasst. Außerdem wurde das Temperaturprofil der Mikrohabitatstrukturen Busch und Moospolster erfasst. Um die Unterschiede zwischen der Lufttemperatur im Hang und auf der ersten Hauptterrasse zu erfassen, wurde die Lufttemperatur mittels Datalogger an einem Messpunkt erfasst.

In der Hibernationsperiode 2000/2001 wurden Hibernationsquartiere zweier Männchen aus dem Vorjahr untersucht (Nr.26 & Nr.5), ohne das real überwinterte Tiere erfasst wurden. Dazu wurden Datalogger unter Bedingungen der Vorjahre im Erdreich vergraben. Zur Terminierung des Beginns und des Endes der Hibernation wurden die Zeitpunkte der letzten bzw. ersten Sichtbeobachtung im Untersuchungsgebiet festgesetzt. Als Sichtbeobachtung wurde jegliche Beobachtung eines Tieres während des Tages außerhalb eines Loches gewertet. Um den Zeitpunkt des Beginns und des Endes der Hibernation zu bestimmen wurde das Gelände an Wetterperioden mit hoher Insolation und Temperaturen über 10°C intensiv nach aktiven Exemplaren abgesucht. Parallel dazu wurden ein Sommerquartier und ein häufig frequentiertes Mauerloch (50cm Tiefe) untersucht.

Zur Analyse der Differenzen zwischen den Temperaturenprofilen der einzelnen untersuchten Strukturen wurde der Wilcoxon-Test für nicht normal verteilte Stichproben angewandt. Die Analyse der Varianzhomogenität wurde mit dem Levene Test und der Browne-Forsythe Test durchgeführt, um signifikante Divergenzen der Varianzen festzustellen. Zum Ausschluß von

signifikanten Ergebnissen aufgrund von Autokorrelationen der Temperaturverläufe wurden alle mit dem Wilcoxon-Test und den beiden Varianzhomogenitätstests durchgeführten Analysen mit veränderten Stichproben wiederholt. Hierzu wurden Einzelwertepaare aus den untersuchten Variablen in der Frequenz von drei und fünf Tagen herangezogen. Da mögliche Autokorrelationen auch zu scheinbar hochsignifikanten Ergebnissen führen, sollen nachfolgend nur Signifikanzniveaus unter 5% angegeben werden. Um Divergenzen zwischen dem Auftreten der 40m Raster mit verschiedenen Insulationsstärken im Untersuchungsgebiet und den positiven Nachweisen der Westlichen Smaragdeidechse in diesen Rastern zu analysieren wurden der χ^2 Homogenitätstest (rxc Test) durchgeführt.

6.3. Ergebnisse

6.3.1 Lage und Charakterisierung der Quartiere

Die Lage und Einzelcharakteristika der Hibernationsquartiere ist in Tab. 3 wiedergegeben. Es lässt sich keine Akkumulation an bestimmten Plätzen erkennen. Dennoch hatten alle erfassten Hibernationsquartiere bzw. ihr Umfeld folgende Charakteristika gemeinsam:

- Alle Quartiere lagen in den Aktionsräumen (AK) der einzelnen Individuen.
- Alle Quartiere waren südexponiert.
- Alle Quartiere lagen in windgeschützten Strukturen, wie z.B. am Fuß von Böschungen oder Hügeln, nur Nr.8 machte eine Ausnahme bei der Überwinterung auf einer flachen Terrasse (Abb. 19).
- Die maximale Entfernung von den letzten Sommerquartieren betrug 10m (Luftlinie).
- Es wurden Kleinsäugergänge benutzt.
- Die Quartiere lagen ca. 5-10cm unter der Bodenoberfläche (Abb. 17).
- Die Quartierausmaße betrugen in der Länge ca. 2/3 der Gesamtlänge des Tieres, die doppelte Körperbreite und 1,5 fache Körperhöhe (Abb. 18).
- Schutthaltige Lehmerde (Regosolböden und Pararendzina) bestimmten die Bodentextur (vergl. Kap. 3.3).
- Die Vegetation oberhalb der Quartiere bestand aus schütterem, flachem, meist grasartigem Bewuchs.

- Die Hangneigung war schwach bis mäßig.

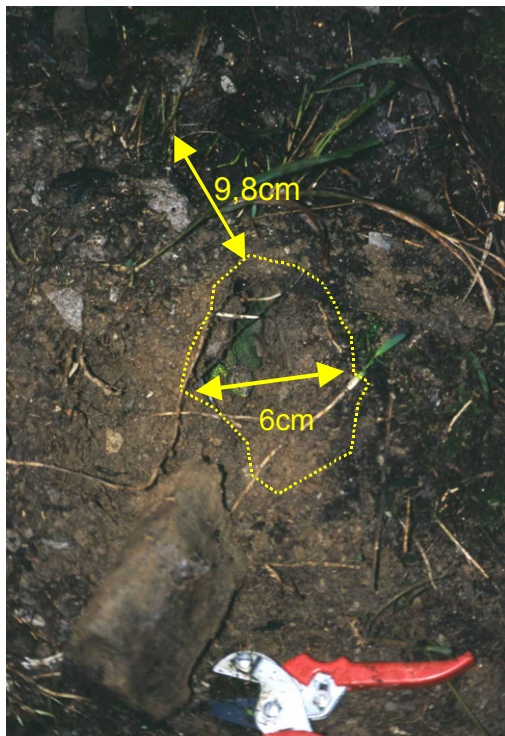


Abb. 17: Hibernationsquartier von Nr. 11 in 9,8cm Tiefe, 1,1mm Tagesniederschlag (02.12.1997).

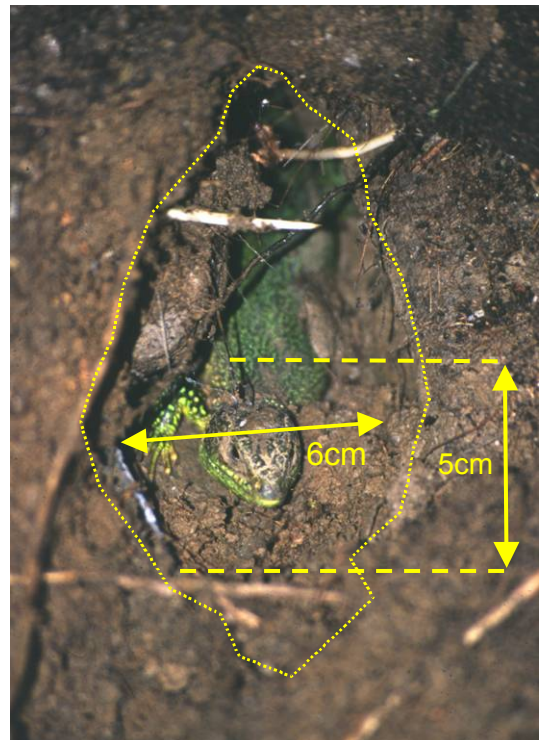


Abb. 18: Detailansicht von Nr.11 bei 2°C (02.12.1997).

Tab. 3: Einzelcharakteristika aller untersuchten Hibernationsquartiere

	Nr.11	Nr.12	Nr. 8	Nr.17	Nr.21	Nr.26	Nr.5	Nr. 26
Lage im AK ⁽¹⁾	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Exposition ⁽²⁾	SSW	S	SSO	S	S	SSW	S	SSW
Böschung ⁽³⁾	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Distanz ⁽⁴⁾	5m	6m	8m	5m	3m	10m	4m	3m
Grundlage ⁽⁵⁾	KB	KB	KB	KB	KB	KB	KB	KB
Tiefe ⁽⁶⁾	9,8cm	8cm	7,1cm	10cm	10cm	7,4cm	6,9cm	7,8cm
Bodentextur ⁽⁷⁾	E	E	E	E	E	E	E	E
Bewuchs ⁽⁸⁾	S	S	S	S	S	S	S	S
Hangneigung ⁽⁹⁾	m	m	s	m	m	s	s	s

⁽¹⁾ Lage des Hibernationsquartiers in Bezug zum vorher telemetrisch ermittelten Sommerlebensraum (AK)

⁽²⁾ Exposition: Süd (S), Süd-Südwest (SSW), Süd-Südost (SSO)

⁽³⁾ Schutz der Umgebung des Quartiers vor Wind durch Böschung oder Mauern

⁽⁴⁾ Distanz zum letzten Sommerquartier (Luftlinie)

⁽⁵⁾ Grundlage der Hibernationsquartiers: Kleinsäugerbau (KB), Mauer (M)

⁽⁶⁾ Kürzeste Distanz zur Bodenoberfläche

⁽⁷⁾ Bodentextur; Beschaffenheit des Bodens in Bezug auf die Dominanz bestimmter Materialien: Steine (S) und Erdmaterial (E)

⁽⁸⁾ Bewuchs; Vegetationsbedeckung am Boden über dem Quartier; schütterte Vegetation (S), geschlossene Vegetation (G), geschlossene hohe Vegetation (H)

⁽⁹⁾ Hangneigung unmittelbar am Hibernationsquartier; schwach (s), mässig (m), steil (st)

6.3.2 Verhalten

Alle acht untersuchten Tiere überwinterten einzeln in Quartieren, die in der Aktivitätsperiode als Unterschlupf verwendet wurden. Geschlechtsspezifische Charakteristika bei der Quartierwahl waren nicht erkennbar. Fünf bis zehn Tage vor Beginn der Hibernation konnte eine erhöhte Tagesstreckenaktivität der Tiere beobachtet werden (Abb. 25). Dieses Verhalten könnte als Quartiersuche interpretiert werden. Einzelne Mikrohabitate wurden über mehrere Jahre als Hibernationsplatz genutzt, wobei unmittelbar immer wieder neue Quartiere aufgesucht wurden (z.B. bei Nr.26 in den Hibernationsperioden 98/99 und 99/00). Dies könnte damit zusammenhängen, dass diese Quartiere relativ instabil sind und kaum länger als einen Winter überdauern. Während der Hibernation zeigten die Tiere deutliche Reaktionen bis hin zu Maulsperren bei der Quartierkontrolle. Kein Tier veränderte seine Position im Hibernationsquartier, auch nicht bei extremen negativen äußeren Temperaturwerten. Innerhalb der Hibernationsquartiere konnten keine Kotspuren bzw. die Absetzung von Kot dokumentiert werden. Im Verlauf der Hibernation veränderten die Quartiere ihre innere Form. Sie verengten sich durch herabfallende Erde und brachen schrittweise ein, was aber scheinbar keine Beeinträchtigung zu Folge hatte. Nach dem Ende der Hibernation wurden die Tiere außerhalb des Verstecks sonnenbadend angetroffen. Außer dem Sonnenbaden konnte keine weitere Aktivität beobachtet werden. Die Tiere suchten nach Hibernationsende neue Verstecke in der unmittelbaren Umgebung (<2m) auf. Zum Teil konnten die Tiere bis Anfang April in diesen Flächen sonnenbadend angetroffen werden. Unterschiede im Zeitpunkt des Hibernationsendes bei Männchen und Weibchen konnten aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht beobachtet werden.

In zwei Fällen überlebten die Tiere die Hibernation nicht, da sie von Prädatoren gefressen wurden. Der erste Fall trat am 24.03.1998 auf. Männchen Nr.8 wurde von Wildschweinen gefressen. Suhl- und Grabs Spuren waren deutlich um die Hibernationsstelle erkennbar. Der zweite Fall konnte am 23.12.1998 dokumentiert werden. Als Prädatör wird in diesem Fall ein Kleinsäuger vermutet, da keine massiven Veränderungen im Hibernationsquartier erkennbar waren.



Abb. 19: Tagesstrecke von Nr.8 am 05.10.1998 mit einer Gesamtstrecke von 24m (gelbe Linie), die am 09.10.1998 wiederholt wurde und im Hibernationsquartier endete

6.3.3 Mikroklimaprofil der Hibernationsquartiere

Im Durchschnitt dauerte eine Hibernation 109 Tage, wobei die kürzeste Hibernationszeit im Winter 2000/2001 mit 101 Tagen und die längste im Winter 1998/1999 mit 126 Tagen festgestellt werden konnte. In die Untersuchung der Temperatur der Hibernationsquartiere sind 14.321 Messwerte aus fünf Wintern eingegangen. Es konnte eine Schwankungsbreite über alle Quartiere festgestellt werden, die zwischen $-0,6^{\circ}$ und $14,5^{\circ}$ Celsius betrug (Abb. 22). Die mittlere Durchschnittstemperatur der Hibernationsquartiere betrug $5,8^{\circ}\text{C}$ bei einer Varianz von $9,0^{\circ}\text{C}$ (Tab. 4 & Abb. 20). Es wird deutlich, dass die Temperaturwerte in allen Hibernationsquartieren gegenüber den Lufttemperaturen höhere Durchschnittswerte bei geringeren Varianzen aufweisen (Abb. 20). Die Unterschiede sind besonders stark während der Frostperioden (Tab. 5). Innerhalb dieser herrscht eine stark unterschiedliche Temperaturentwicklung vor. Zum Teil beträgt die Differenz zwischen Außentemperatur und Quartierinnentemperatur bis zu 18°C (Abb. 21).

Tabelle 4: Temperatur in den Hibernationsquartieren über alle Hibernationsperioden ($\bar{\varnothing}$ T°C) und der Luft (Luft T°C)

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
$\bar{\varnothing}$ T°C	11.464	5,8	-0,6	14,5	9,0
Luft T°C	11.263	3,5	-18,0	17,7	25,5

Tabelle 5: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich zwischen den Durchschnittswerten der Temperaturen in den Hibernationsquartieren über alle untersuchten Perioden ($\bar{\varnothing}$ T°C) mit der Lufttemperatur (Luft T°C) und mit den Lufttemperaturen unter Null Grad (Luft Frost T°C)

	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
$\bar{\varnothing}$ T°C Luft T°C	8127	3597625	60,04	0,05	2027,75	22725	0,05	2003,36	22725	0,05
$\bar{\varnothing}$ T°C Luft Frost T°C	1111	0,00	28,87	0,05	785,74	3151	0,05	723,109	3151	0,05

Auffallend ist, dass die Hibernationsquartiertemperaturen in allen Untersuchungsperioden höchstens bis auf durchschnittlich $-0,6^{\circ}\text{C}$ fallen, wobei Messungen bei einzelnen Tieren noch darunter lagen. In den Perioden 96/97 und 00/01 wird dieser unterschritten, wobei in der Periode 00/01 diese Schwelle nur für 10 Stunden bis zu einem Minimalwert von $-0,6^{\circ}\text{C}$ unterschritten wird. In den Perioden 97/98, 98/99 und 99/00 wird die Null Grad Grenze nicht unterschritten. Die dokumentierten Werte unter 0°C auf dem Quartier von Männchen Nr.11 in der Hibernationsperiode 1996/1997. Die Null Grad Grenze wurde bei diesem Tier für 25 Tage unterschritten, wobei das Minimum bei $-1,4^{\circ}\text{C}$ lag. Bei allen anderen untersuchten Tieren in allen Hibernationsperioden konnten Temperaturwerte bis minimal $-0,6^{\circ}\text{C}$ festgestellt werden (Tab. 4).

Die maximalen Temperaturwerte lagen bei $14,5^{\circ}\text{C}$ in den Hibernationsquartieren und $17,7^{\circ}\text{C}$ außerhalb der Quartiere. Oberhalb dieser Werte wurde die Hibernation abgebrochen (Tab. 4). Hier muss jedoch zwischen Beginn und Ende der Hibernation unterschieden werden. Zu Beginn der Hibernation konnten sehr wohl Lufttemperaturen über 15°C auftreten, ohne dass die Tiere die begonnene Hibernation unterbrachen, wie dies zum Beispiel am 25 und 26.10. 99 bei Maximaltemperaturen von $17,7^{\circ}\text{C}$ dokumentiert werden konnte. Zum Ende der Hibernation reichten Außenwerte von $13,8^{\circ}\text{C}$ zum Abbruch (Hibernationsperiode 98/99 & 00/01). Die Hibernation wurde bei Quartierinnentemperaturen von $\bar{\varnothing}$ 9°C und Lufttemperaturen von $\bar{\varnothing}$ 15°C abgebrochen (Tab .6).

Tabelle 6: Klimarahmenbedingungen der einzelnen Hibernationsperioden bestehend aus den Klimarahmendaten der Klimastation in Bad Salzig⁽¹⁾, den Messdaten im Untersuchungsgebiet

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	Ø
Zahl der untersuchten Tiere	2	3	2	1	(1) ⁽⁵⁾	
Hibernations Zeitraum ⁽⁴⁾	15.10.96-09.02.97	17.10.97-10.02.98 ⁽²⁾	25.10.98-28.02.99	26.10.99-05.02.00	29.10.00-06.02.01 ⁽⁵⁾	
Hibernationsdauer	117 Tage	116 Tage	126 Tage	102 Tage	101 Tage	112Tage
Luft Ø T°C	1,0°C	4,3°C	3,1°C	4,4°C	6,4°C	3,1°C
Luft Ø T°C max ⁽¹⁾	2,9°C	7,3°C	5,8°C	7,1°C	8,7°C	6,6°C
Luft Ø T°C min ⁽¹⁾	-0,9°C	2,1°C	1,5°C	2,8°C	4,1°C	2,0°C
Frosttage ⁽¹⁾	34	34	38	21	8	27
Ø T °C im Quartier	1,8°C ⁽³⁾	6,7°C	6,1°C	7,1°C	7,3°C	5,8°C
Ø T °C Hib. Ende	7,2°C ⁽³⁾	8,0°C	8,2°C	8,0°C	12,8°C	9,0°C
Ø T °C Luft Ende	16,0°C ⁽³⁾	15,3°C	13,8°C	16,0°C	13,8°C	15,0°C
Ø H% Luft ⁽¹⁾	79,8%	76,5%	86,9%	83,6%	83,5%	82,0%
Niederschlag ⁽¹⁾ (Tage)	51	51	61	54	42	51,8
Niederschlag Σ (mm) ⁽¹⁾	130,5mm	160,1mm	259,4mm	193,2mm	99,7mm	169mm

⁽¹⁾ Messwerte der Klimastation in Bad Salzig

⁽²⁾ Ohne Tier Nr.8, welches am 24.03.98 gefressen wurde

⁽³⁾ Datalogger Erfassungszeitraum vom 02.12.96-09.02.97

⁽⁴⁾ Zeit von Bezug der Hibernationsquartiere bis Verlassen des letzten beobachteten Quartiers

⁽⁵⁾ Untersuchung der Quartierfläche von Nr.26 aus den beiden Vorjahren ohne reales Tier

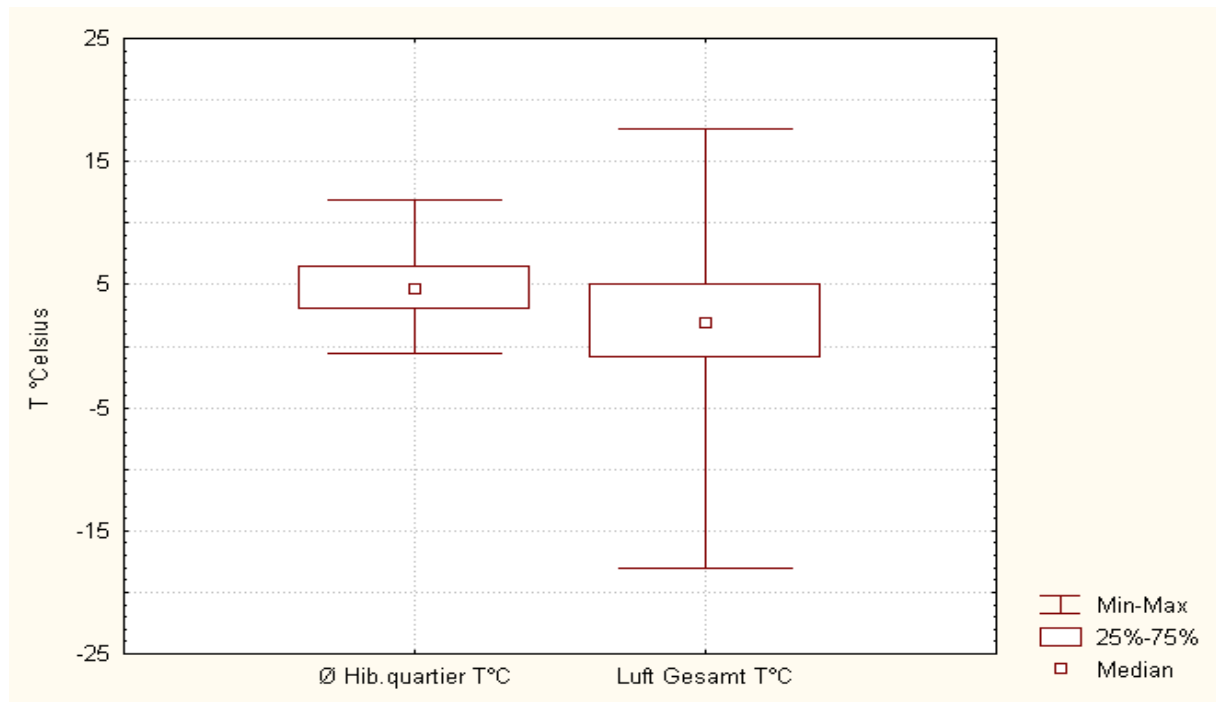


Abb. 20: Box-Whisker-Plot Durchschnittstemperaturen in den Hibernationsquartieren über alle Untersuchungsperioden (Ø Hib. Quartier T°C) im Vergleich zu den Lufttemperaturen (Luft Gesamt T°C), n= 10.406

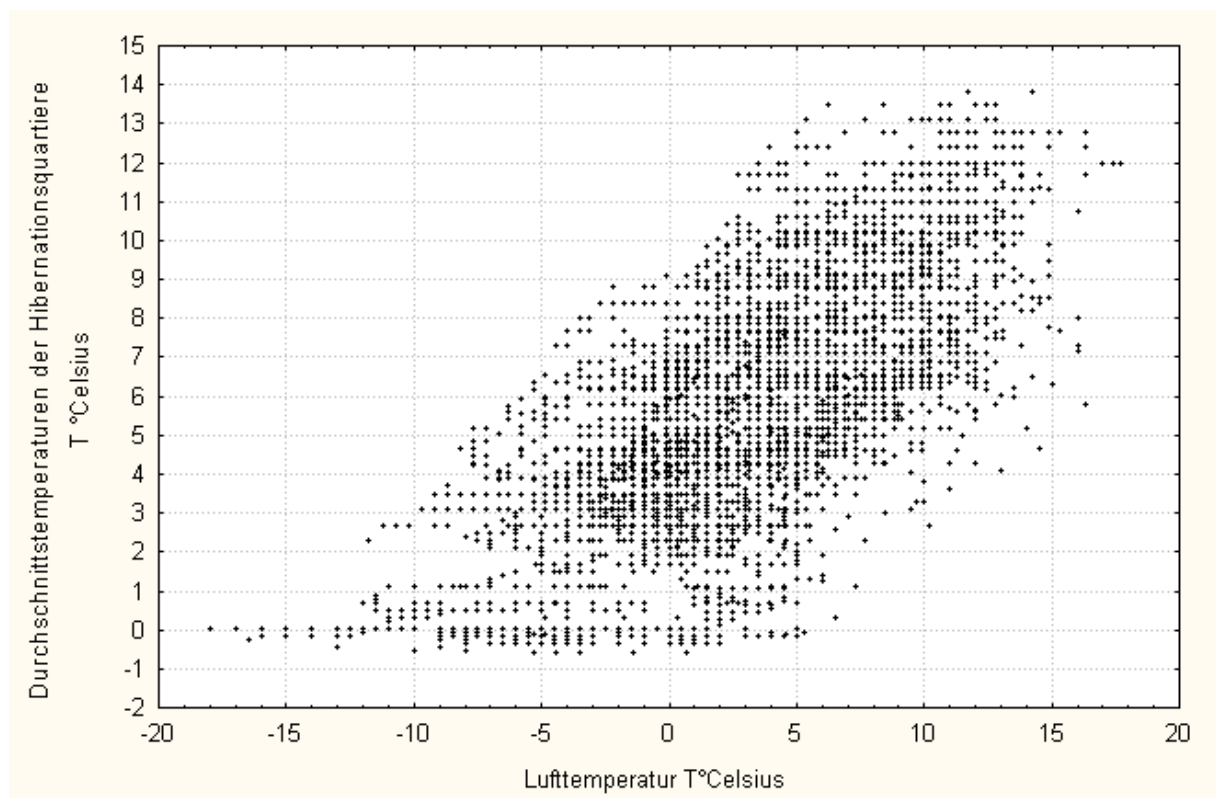


Abb. 21: Scatterplot der Verteilung der Durchschnittstemperaturen in den Hibernationsquartieren im Vergleich zu den Lufttemperaturen (n= 11.464)

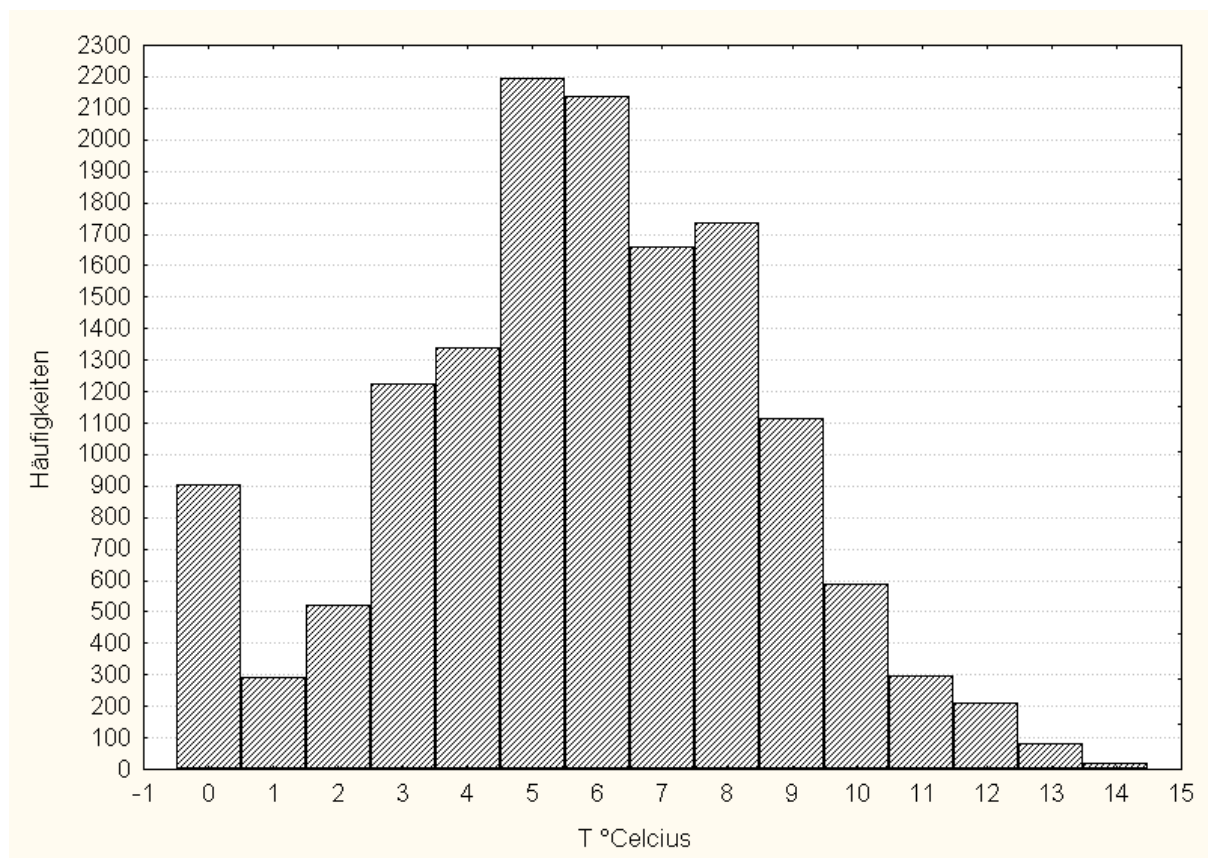


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in den untersuchten Quartieren in den fünf Hibernationsperioden, $\bar{x}$ = 5,89°C, Stdabw. = 3,01, n = 11.464, Median = 5,80, Minimum = -0,6°C, Maximum = 14,5, Varianz = 9,0.

Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit betrug 82,0% im Vergleich zu einer Durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit von 62,5% im exemplarisch untersuchten Hibernationsquartier von Nr.12, wobei die Minima im Hibernationsquartier bei 40,6% und in der Luft bei 43,7% lag.

6.3.3.1 Hibernationsperiode 1996/1997

Bei der Betrachtung der Einzelwerteentwicklung in den fünf Untersuchungsjahren fallen die Werte im Winter 1996/1997 deutlich aus dem Rahmen. Dieser Hibernationswinter war im Mittel deutlich kälter als alle darauf folgenden Perioden. Die Anzahl der Tage an denen Temperaturwerte unter Null Grad Celsius gemessen wurden (Frosttage) liegt im oberen Bereich der über die Jahre gemessenen Werte ($\bar{x}$ 27 Tage). Vielmehr beruhen die gemessenen niedrigen Temperaturparameter auf einer Frostperiode die mit kleineren Unterbrechungen vom 25.12.1996 bis zum 18.01.1997, also 25 Tage dauerte. Trotz dieser für das Mittelrheintal langen durchgängigen Frostperiode ist kein Einfluss auf die Hibernationsdauer erkennbar, welche bei durchschnittlich 117 Tagen lag und am 09.02 von beiden untersuchten Tieren bei einer Außenlufttemperatur von maximal 16,0°C und einer

Hibernationsquartiertemperatur von $\varnothing$ 7,2°C beendet wurde. Begonnen wurde diese Hibernation am 15.10.1996 bei einer Tageshöchsttemperatur von 16,6°C (Tab. 7).

Der Vergleich zwischen den Hibernationsquartieren und der Lufttemperatur zeigt, dass diese im Mittel wärmer waren und geringere Schwankungen zeigten. Dies gilt auch für Tier Nr.11, dessen Quartiertemperatur die 0°C Grenze für 25 Tage unterschritt. Auch die Temperaturentwicklungen in den beiden Hibernationsquartieren war unterschiedlich (Tab. 8).

Tabelle 7: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Hibernationsperiode 1996/1997 von den Einzelquartieren der Männchen Nr.11, Nr.12, den Durchschnittswerten beider Tiere ($\varnothing$ T°C), der Lufttemperatur (LUFT T°C) und der Luftfeuchtigkeit im Hibernationsquartier von Nr.12

1996/1997	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
Nr.11 T°C	2043	0,7	-1,4	8,0	3,7
Nr.12 T°C	2042	2,7	-0,1	7,7	3,1
H % Nr.12	1112 ⁽¹⁾	61,6	40,6	92,0	65,8
$\varnothing$ T°C	2042	1,7	-0,5	7,7	3,2
LUFT T°C	2095	-1,0	-18,0	16,0	29,2

⁽¹⁾ Erfassung vom 18.12.96 bis zum 25.01.97

Tabelle 8: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich zwischen den Temperaturen in den Quartieren von den Männchen Nr.11, Nr.12 und den Durchschnittswerten der Temperaturen in den Hibernationsquartieren ($\varnothing$ T°C) und der Lufttemperatur (Luft T°C)

1996/1997	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
Nr.11 & LUFT T°C	2043	348497	25,96	0,05	1332,9	4136	0,05	1123,2	4136	0,05
Nr.12 & LUFT T°C	2042	110623	34,77	0,05	1459,7	4135	0,05	1227,1	4135	0,05
$\varnothing$ T°C & LUFT T°C	2042	204789	31,30	0,05	1432,6	4135	0,05	1202,7	4135	0,05
Nr.11 & Nr.12	2042	4579,50	38,52	0,05	7,12	4083	0,01	4,51	4083	0,06

6.3.3.2 Hibernationsperiode 1997/1998

Aufgrund nicht auswertbarer Daten von zwei Tieren (Kurzschluss der Datalogger durch Kleinsäugerfraß) waren in der Hibernationsperiode 1997/1998 nur die Werte vom Hibernationsquartier von Nr.21 auswertbar. Die Temperaturen fielen im Hibernationsquartier von Weibchen Nr.21 nie unter Null Grad. Trotz einer identischen Anzahl an Frosttagen wie im Winter 1996/1997 wurde diese Grenze mit einem Minimum von 2,3°C nicht unterschritten. Es wurden an maximal fünf Tagen in durchgängiger Folge Lufttemperaturwerte unter Null Grad erreicht. Das Hibernationsquartier ist wärmer und zeigt geringere Temperaturschwankungen (Tab. 9). Die Hibernation wurde am 17.10.1997 bei maximalen Lufttemperaturen von 14,8°C begonnen und trotz Werten von bis zu 16,5°C an den Folgetagen nicht unterbrochen.

Abgebrochen wurde die Hibernation am 10.02.1998 bei einer Tageshöchsttemperatur von 16,3°C und einer Quartierinnentemperatur von 5,8°C. An den Tagen vor der Beendigung der Hibernation wurden Frostwerte gemessen. Mit dem Tag der Beendigung der Frostperiode wurden bis zum 09.03.98 (30 Tage) keine Fröste verzeichnet.

Tabelle 9: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Hibernationsperiode 1997/1998 von den Einzelquartieren von Weibchen Nr.21 und der Lufttemperatur (LUFT T°C)

1997/1998	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
Nr.21	1638	6,9	2,3	11,3	3,7
LUFT T°C	1392	4,3	-11,8	17,7	21,5

Die Temperaturen im Hibernationsquartier von Nr.21 waren im Mittel wärmer und zeigten geringere Schwankungen (Tab. 10).

Tabelle 10: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich zwischen den Temperaturen des Hibernationsquartiers von Nr.21 und der Lufttemperatur (Luft T°C)

97/98	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
Nr.21										
LUFT T°C	1392	181985,5	19,20	0,05	792,51	3028	0,05	794,12	3028	0,05

6.3.3.3 Hibernationsperiode 1998/1999

In der Hibernationsperiode 1998/1999 konnten insgesamt 38 Tage mit Temperaturen unter Null Grad gemessen werden. Mit Durchschnittstemperaturen von 3,1°C war diese Periode nach 1996/1997 die kälteste. Dennoch sanken die Temperaturen in den Hibernationsquartieren nicht unter die Null Grad Grenze (Tab. 11), obwohl diese im Maximum an acht aufeinanderfolgenden Tagen von den Lufttemperaturen unterschritten wurde. Solche längeren Frostperioden traten vor allem zum Ende der Hibernation von Mitte Januar bis Mitte Februar 1999 auf. Im Gegensatz zu allen anderen untersuchten Hibernationsperioden erfolgte der Abbruch erst am 28.02.1999 was auf die tiefen Nachfröste zum Ende der Hibernation zurückzuführen sein könnte (16 Tage im Februar mit Nachfrösten bis Minimal -9,2°C).

Tabelle 11: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Hibernationsperiode 1998/1999 von den Einzelquartieren von Weibchen Nr.5 & Nr.26 und der Lufttemperatur (LUFT T°C)

1998/1999	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
LUFT T°C	2940	3,1	-9,2	16,0	18,8
Nr.5	2940	5,8	2,3	12,4	4,9
Nr.26	2893	5,8	2,7	14,9	3,9

Die Hibernation wurde am 25.10.98 bei Tageshöchsttemperaturen von 14°C begonnen und am 28.02.99 bei einer Quartierinnentemperatur von $\bar{\varnothing}$ 7,9°C (Nr.5: 8,0°C, Nr.26: 7,7°C) und einer maximalen Lufttemperatur von 13,8°C abgebrochen. Wie in den vorangegangenen Untersuchungsperioden waren die Hibernationsquartiere im Mittel wärmer und zeigten geringere Temperaturschwankungen (Tab. 12).

Tabelle 12: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich zwischen den Temperaturen in den Quartieren von Nr.5, Nr.26 und den Durchschnittswerten der Temperaturen in den Hibernationsquartieren ($\bar{\varnothing}$ T°C) und der Lufttemperatur (Luft T°C) in der Hibernationsperiode 1998/1999

1998/1999	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
$\bar{\varnothing}$ T°C										
LUFT T°C	1638	205095,0	23,78	0,05	1228,46	5878	0,05	1203,73	5878	0,05
Nr.5										
LUFT T°C	2940	470703,0	35,67	0,05	1061,86	5878	0,05	1043,01	5878	0,05
Nr.26										
LUFT T°C	2868	468797,0	34,67	0,05	1416,69	5831	0,05	1391,56	5831	0,05

6.3.3.4 Hibernationsperiode 1999/2000

In der Hibernationsperiode 1999/2000 wurde zusätzlich zu der Lufttemperatur im Steilhang auch die Lufttemperatur auf der vorderen Hauptterrasse erfasst. Demnach konnten 21 Tage mit Frostwerten im Steilhang gemessen werden. An 34 Tagen konnten Temperaturwerte unter Null Grad Celsius auf der vorderen Hauptterrasse gemessen werden. Im Mittel sind die Temperaturen auf der vorderen Hauptterrasse um 0,88°C niedriger als im Steilhang, wobei Einzelwertdifferenzen von bis zu 1,4°C auftreten konnten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die untersuchte Periode mit Minimalwerten von -4,40°C zu den milderer aller untersuchten Winter gehörte (Tab .13). Die Varianz der Werte auf dem Plateau ist geringer als im Steilhang. Die Temperaturentwicklung im Hibernationsquartier zeigt eine größere Differenz zu der Lufttemperatur auf der vorderen Hauptterrasse als zu denen im Steilhang. Diese Werte werden nochmals in Tab 14 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 13: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Hibernationsperiode 1999/2000 von dem Einzelquartier von Männchen Nr.26, der Lufttemperatur (LUFT T°C) und der Lufttemperatur auf der ersten Hauptterrasse (LUFT T°C Terrasse)

1999/2000	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
LUFT T°C	1308	4,6	-4,4	17,7	15,5
Nr.26	2496	6,5	2,3	14,5	7,0
LUFT T°C Terrasse	1248	3,9	-5,8	16,0	14,2

Tabelle 14: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Temperaturwerte des Hibernationsquartiers von Nr.26 mit denen der Luft im Steilhang und auf der ersten Hauptterrasse in der Hibernationsperiode 1999/2000

1999/2000	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
Nr.26 LUFT T°C	1308	31451,0	28,597	0,05	324,15	3802	0,05	318,6815	3802	0,05
Nr.26 LUFT T°C Terrasse	1248	16868,5	29,039	0,05	67,756	4219	0,05	68,11068	4219	0,05

6.3.3.5 Hibernationsperiode 2000/2001

Die Hibernation 2000/2001 wurde bei maximalen Lufttemperaturen von 15,6°C begonnen und bei Quartierinnentemperatur von 8,0°C und Lufttemperaturen von 16,0°C abgebrochen. Die Hibernationsdauer betrug 101 Tage und beinhaltete acht Tage in denen Temperaturwerte unter Null Grad gemessen wurden. Mit Durchschnittstemperaturen der Luft von 6,4°C und durchschnittlichen Quartierinnentemperaturen von 7,3°C war die Hibernationsperiode die wärmste, kürzeste und frostärmste von allen fünf untersuchten Perioden (Tab. 15), obwohl sogar für zehn Stunden am 17.01.01 Frostwerte von bis zu -0,6°C im Quartier gemessen werden konnten. Der Beginn der Hibernation wurde am 29.10.00 bei 12°C Innentemperatur und 17,0°C Lufttemperatur angenommen. Das Ende der Hibernation wurde am 06.02.01 bei einer Innentemperatur von 12,0°C und einer Lufttemperatur von 13,8°C angenommen. Sowohl der Beginn als auch das Ende der Hibernation korrelierten mit der Sichtung von Tieren. Wie in den vorangegangenen Untersuchungsperioden waren die Hibernationsquartiere im Mittel wärmer und zeigten geringere Temperaturschwankungen (Tab. 16).

Tabelle 15: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Hibernationsperiode 2000/2001 von dem im Vorjahr verwendeten Einzelquartier von Männchen Nr.26 und der Lufttemperatur (LUFT T°C)

2000/2001	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
Nr.26	2398	8,0	-0,6	16,7	7,6
LUFT T°C	1823	6,9	-5,3	17,0	12,7

Tabelle 16: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Temperaturwerte des Hibernationsquartiers von Nr.26 mit denen mit denen der Luft (LUFT T°C)

2000/2001	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
Nr.26 LUFT T°C	1823	177151,0	27,76	0,05	67,75	4219	0,05	68,11	4219	0,05

Zusammenfassend betrachtet habe ich die Bedingungen des Mikroklimas in fünf aufeinander folgenden Hibernationsperioden der untersuchten Tiere und der Lufttemperaturen

vergleichend untersucht. Das Mikroklima der von den Tieren gewählten Quartiere war im Gegensatz zum äußeren Temperaturmilieu im Mittel milder und schwankte geringer. Die Hibernationsperiode 1996/1997 wich deutlich von den darauf folgenden aufgrund ihrer niedrigeren Temperaturen ab.

6.3.4. Mikroklimaprofil der Hibernationsquartiere im Vergleich zu Trockenmauern

Da Trockenmauern als Hibernationsquartiere der Westlichen Smaragdeidechse wiederholt postuliert wurden (GRUSCHWITZ 1984; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001), sollte durch eine vergleichende Analyse der mikroklimatischen Bedingungen der Hibernationsquartiere mit denen einer exemplarischen Trockenmauer Anhaltspunkte für die Güte und Unterschiede der Strukturen gesammelt werden. Hierzu wurde das Temperaturprofil einer Trockenmauer in den Hibernationsperioden 1996/1997 und 2000/2001 in Relation zu den Temperaturen in den Hibernationsquartieren untersucht. Außerdem wurde in der Hibernationsperiode 1996/1997 auch die Luftfeuchtigkeit im Hibernationsquartier in Relation zu den Werten an drei verschiedenen Punkten einer Trockenmauer untersucht. Die Daten zeigen, dass die Temperaturmittelwerte der Trockenmauer von außen nach innen zunehmen und die Varianz gleichzeitig abnimmt (Tab. 17). Dennoch liegen die durchschnittlichen Temperaturmittelwerte der Hibernationsquartiere über allen gemessenen Mittelwerten in der Trockenmauer. Die Varianz der gemessenen Werte liegt deutlich unter den Werten in der Trockenmauer. Bei einem Blick auf die Einzelwerte zeigt sich, dass bis in 80 cm Tiefe starke Fröste vordringen können. Dies ist in den Hibernationsquartieren nicht der Fall. Damit haben die Hibernationsquartiere, gegenüber der exemplarisch untersuchten Trockenmauer, gemilderte Temperaturen, mit wesentlich geringeren Schwankungen (Abb. 29) und sind schon in geringen Tiefen fast frostfrei.

Tabelle 17: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven Messwerte der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Tiefen der Trockenmauer (10cm, 50cm & 80cm) den erfassten Werten der Luftfeuchtigkeit in einem Hibernationsquartier (H% Nr.12), der durchschnittlichen Temperatur aller erfassten Hibernationsquartiere ($\bar{\varnothing}$ T°C) und der Lufttemperatur in der Hibernationsperiode (LUFT T°C) 1996/1997

1996/1997	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
T°C 10cm	1800	-0,1	-13,4	7,3	15,8
T°C 50cm	1800	0,7	-11,8	7,3	14,0
T°C 80cm	1800	1,9	-7,7	7,7	9,0
H % 10cm	1800	90,1	41,3	105,6	94,9
H % 50cm	1800	79,6	43,0	96,1	99,1
H % 80cm	1800	69,3	38,2	90,9	138,8
H % Nr.12	1112	61,6	40,6	92,0	65,8
$\bar{\varnothing}$ T°C	2042	1,7	-0,5	7,7	3,2
LUFT T°C	2095	-1,0	-18,0	16,0	29,2

Auch der Vergleich der Luftfeuchtigkeit in den Hibernationsquartieren zeigt, dass die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit in der Trockenmauer nach innen abnimmt und die Varianz gleichzeitig zunimmt (Tab. 17). Sowohl der Mittelwert der Luftfeuchtigkeit in den Hibernationsquartieren als auch die Varianz ist demgegenüber niedriger. Somit zeigen die gemessenen Werte der Luftfeuchtigkeit in den von den Tieren gewählten Quartieren, dass diese trockener sind, als Quartiere in den Trockenmauern und insgesamt stabilere Werte aufzeigen (Tab. 18). Bei der Betrachtung des Verlaufs der Luftfeuchtigkeitsentwicklung in dem Hibernationsquartier von Nr.12 fällt auf, dass diese sich fünf mal während der Messreihe sprunghaft verändert. Da keine äußere Veränderung beobachtet werden konnte, könnten diese sprunghaften Veränderungen auf Prozesse innerhalb des Hibernationsquartiers zurückzuführen sein, wie z.B. Sickerwassereinbrüche nach Starkregenereignissen (Abb. 24). Sowohl die Entwicklung der Temperatur-, als auch die Luftfeuchtigkeitswerte in den Hibernationsquartieren weichen signifikant von den gemessenen Werten an allen Punkten einer exemplarisch erfassten Trockenmauer ab (Tab. 19). Sie belegen damit, dass in den von den Tieren gewählten Hibernationsquartieren ein anderes Mikroklima als in Trockenmauern in verschiedenen Tiefen herrscht und dieses Mikroklima sich im Verlauf des Winters gegenüber den Temperaturen im größten Teil der Trockenmauer anders verhält. Erst in 80cm Tiefe nähert sich die Temperaturentwicklung der in den Hibernationsquartieren an (Tab. 19), jedoch bei signifikant unterschiedlichen Varianzen und absolut erreichten Tiefstwerten. Dabei ist das abgebildete Mikroklima im Hibernationsquartier nicht gleichmäßig ausgebildet. Insbesondere in Bezug auf eindringende Fröste ist die puffernde Wirkung stärker ausgebildet als gegenüber positiven Temperaturen (Wilcoxon-Test gepaarte Stichpr., $n=1111$; $T=0,00$; $Z=28,87256$; $p<0,05$). In größeren Tiefen zeigt sich auch bei Trockenmauern eine Abmilderung der

Temperaturen gegenüber den gemessenen Werten der Luft, diese reicht jedoch in der untersuchten Maximaltiefe von 80cm nicht aus, um frostfreie Bedingungen zu bieten (Abb. 23).

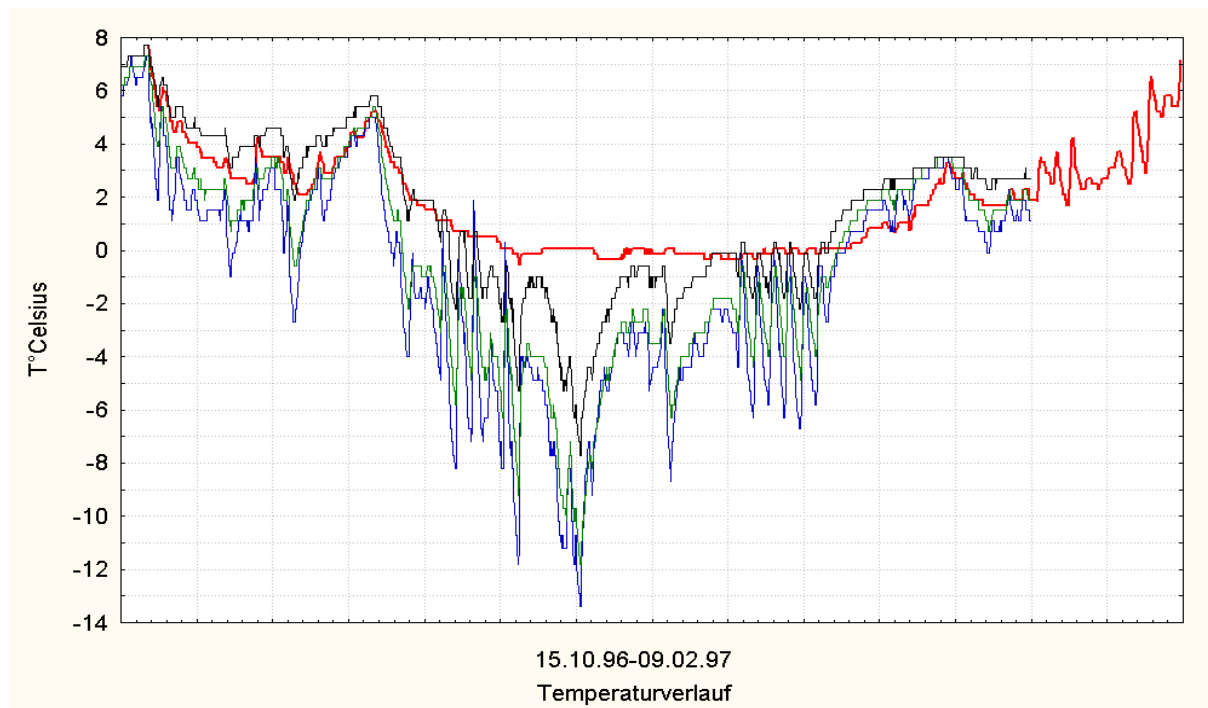


Abb. 23: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 10cm (blaue Linie), 50cm (grüne Linie) und 80cm (schwarze Linie) Tiefe bis zum 31.01.97 im Vergleich zu den durchschnittlichen Hibernationsquartiertemperaturen (rote Linie)

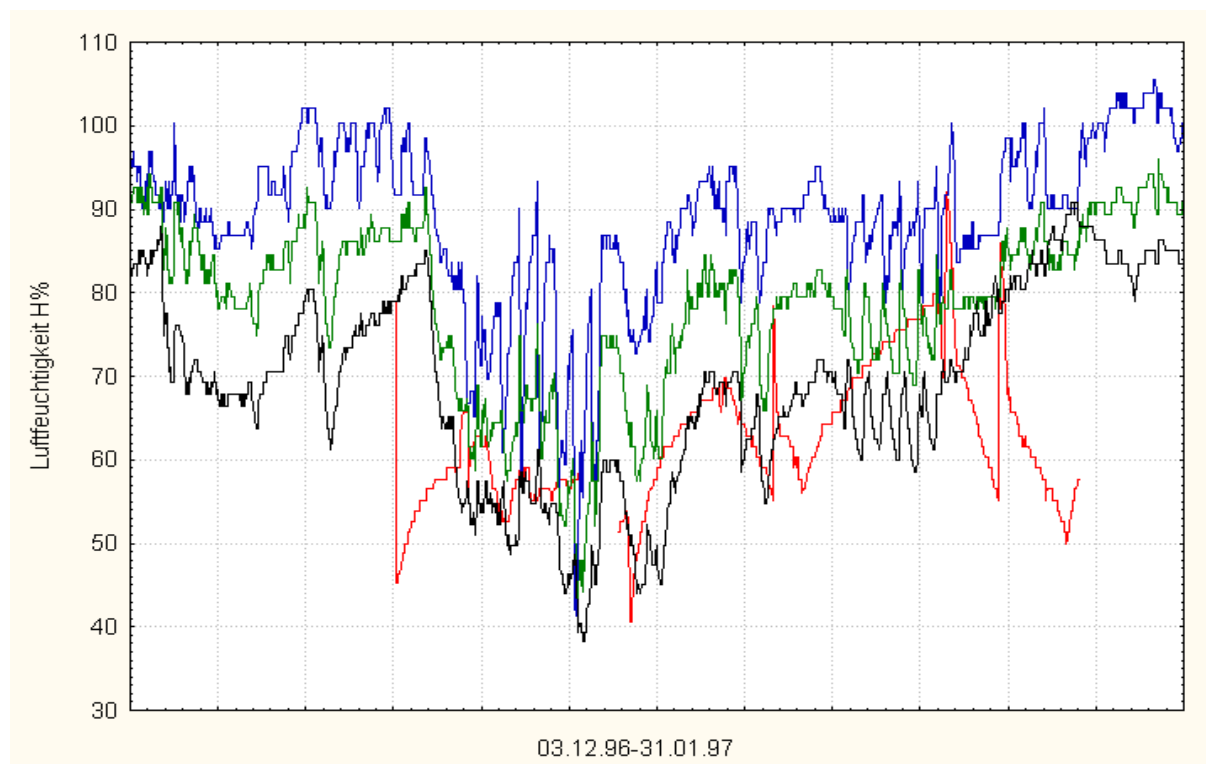


Abb. 24: Luftfeuchtigkeitsentwicklung in einer Trockenmauer in 10cm (blaue Linie), 50cm (grüne Linie) und 80cm (schwarze Linie) Tiefe bis zum 31.01.97 im Vergleich zu den Luftfeuchtigkeitswerten im Hibernationsquartier (rote Linie) von Nr.12

Tabelle 18: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Luftfeuchtigkeitswerte des Hibernationsquartiers von Nr.12 mit denen einer Trockenmauer in 10cm, 50cm & 80cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997, markierte Differenzen signifikant für $p < 0,05$

1996/1997	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
H% Nr.12 H% 10cm	1112	1690,5	28,72	0,05	5,128	2910	0,05	4,15	2910	0,4
H% Nr.12 H% 50cm	1112	28300,0	26,21	0,05	41,20	2910	0,05	33,76	2910	0,05
H% Nr.12 H% 80cm	1112	260987,5	4,38	0,05	160,25	2910	0,05	163,89	2910	0,05

Tabelle 19: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Temperaturen der Hibernationsquartiere von den Männchen Nr.11, Nr.12 und dem Durchschnittswerten der Tiere ($\emptyset$ T°C) mit denen einer Trockenmauer in 10cm, 50cm & 80cm Tiefe

	N	T	Z	p	Levene	FG	p<	Brn-Fors	FG	p
Nr.11 T°C Mauer 10cm T°C	1748	228416,5	22,84	0,05	1007,38	3841	0,05	793,1883	3841	0,05
Nr.11 T°C Mauer 50cm T°C	1748	391366,0	14,73	0,05	960,09	3841	0,05	773,0319	3841	0,05
Nr.11 T°C Mauer 80cm T°C	1748	321746,0	18,11	0,05	486,33	3841	0,05	420,0636	3841	0,05
Nr.12 T°C Mauer 10cm T°C	1747	133,0	36,14	0,05	1190,05	3840	0,05	929,4297	3840	0,05
Nr.12 T°C Mauer 50cm T°C	1747	578,0	35,63	0,05	1159,37	3840	0,05	923,2622	3840	0,05
Nr.12 T°C Mauer 80cm T°C	1747	73084,5	28,33	0,05	649,23	3840	0,05	558,5364	3840	0,05
$\emptyset$ T°C Mauer 10cm T°C	1747	71005,0	32,52	0,05	1145,77	3840	0,05	896,5027	3840	0,05
$\emptyset$ T°C Mauer 50cm T°C	1747	136902,5	28,93	0,05	1109,85	3840	0,05	886,6203	3840	0,05
$\emptyset$ T°C Mauer 80cm T°C	1747	737252,0	0,50	0,61	608,56	3840	0,05	523,2652	3840	0,05

6.3.5 Hibernationsquartiere im Vergleich zu Sommerquartieren

Kurz vor Beginn der Hibernation verließen alle untersuchten Tiere ihre Sommerquartiere und begannen die Hibernation in einem bis dahin nicht verwendeten Loch (Kleinsäugerbau) (Tab. 20). Deshalb soll hier der Frage nachgegangen werden, ob die ausgewählten Hibernationsquartiere gegenüber den zuletzt verwendeten Löchern mikroklimatische Unterschiede aufweisen, die sie für eine erfolgreiche Hibernation prädestinieren. Deswegen wurden die zuletzt verwendeten Sommerquartiere 1998/1999 und 1999/2000 (jeweils zwei Löcher) im Vergleich zum Hibernationsquartier auf ihr Temperaturmilieu untersucht. Außerdem wurde in der Hibernationsperiode 2000/2001 ein Hibernationsquartier, ein Sommerloch und ein Trockenmauerabschnitt in 50cm Tiefe, welches als Sommerquartier benutzt wurde, analysiert.

Tabelle 20: Aufenthaltsorte der Einzeltiere zu Beginn der Hibernation

	♂ Nr.11 96/97	♂ Nr.12 96/97	♀ Nr.17 97/98	♀ Nr.21 97/98	♂ Nr.8 97/98	♂ Nr.26 98/99	♂ Nr. 5 98/99	♂ Nr. 26 99/00
Distanz zum Hib. quartier	5m	6m	4m	3m	8m	10m	3m	3m
Letztes benutztes Quartier	Klein- säuger	Mauer	Mauer	Mauer	Mauer	Mauer	Mauer	Klein- säuger

Die Betrachtung der Einzelwerte in der Deskriptiven Statistik zeigt ein differenziertes Bild der Temperaturen der drei erfassten Hibernationsperioden (Tab. 21). In der Hibernationsperiode 1998/1999 war Sommerloch 2 im Durchschnitt wärmer als die selektierten Hibernationsquartiere (+2,4°C). Sowohl die minimalen als auch die maximalen Werte liegen deutlich über denen der Hibernationsquartiere. Auch die Varianz ist geringer als in den beiden untersuchten Hibernationsquartieren. Dieser Trend ist allerdings nicht konstant und in der Periode 1999/2000 kehrt sich dieses Verhältnis um. Das von Nr.26 gewählte Quartier ist im Durchschnitt bis zu 3,1°C wärmer als die beiden untersuchten Sommerlöcher. Diese unterschreiten auch die Nullgrad Grenze deutlich bis -6,7°C. In der Hibernationsperiode 2000/2001 zeigt sich, dass der Mittelwert des Hibernationsquartiers zwischen den Werten der beiden Vergleichsstrukturen liegt (-0,9°C/+1,3°C). In dem Hibernationsquartier wurde zwar auch die Null Grad Grenze unterschritten (-0,6°C), jedoch während des gesamten Messzeitraums (2398 Std.) für nur 10 Stunden.

Tabelle 21: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven Messwerte der Hibernationsquartiere der Einzeltiere, der zuletzt verwendeten Sommerlöcher und einer verwendeten Mauer in den Hibernationsperioden 1998/1999, 1999/2000 & 2000/2001

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
Nr.5 98/99	2940	5,8	2,3	12,4	4,9
Nr.26 98/99	2893	5,8	2,7	14,9	3,9
Sommerloch 1 98/99	2938	4,4	-1,8	12,0	6,4
Sommerloch 2 98/99	2891	8,4	4,3	13,8	3,2
Nr.26 99/00	2496	6,5	2,3	14,5	7,0
Sommerloch 1 99/00	2040	4,6	-1,4	13,5	4,2
Sommerloch 2 99/00	2040	3,9	-6,7	21,6	9,5
Nr.26 00/01	2398	8,0	-0,6	16,7	7,6
Mauer 00/01	1717	9,1	-9,2	17,0	11,2
Sommerloch 00/01	2348	6,9	-4,4	14,2	10,2

Die Varianz der Werte im Hibernationsquartier ist wesentlich geringer als in den Vergleichslöchern. Das untersuchte Mauerloch wies zwar die höheren Durchschnittstemperaturen gegenüber dem zuletzt verwendeten Sommerloch (Erdloch unter Stein) auf, die Temperaturschwankungen waren jedoch erheblich größer. Auch die 0°C Grenze wurde im Mauerloch sehr deutlich unterschritten (Tab. 21).

Die statistische Analyse der Hibernationsquartiere im Vergleich mit den zuletzt verwendeten Sommerlöchern zeigt, dass sich diese signifikant voneinander im Median und in der Varianz unterscheiden (Tab. 22). Dies gilt für alle drei in diese Analyse einbezogenen Hibernationsperioden und auch für den Vergleich zwischen einem Mauerloch und einem zuletzt verwendeten Sommerloch in der Periode 2000/2001. Bei der Analyse der durchschnittlichen Hibernationsquartiertemperaturen aller Tiere ($\bar{T}^{\circ}\text{C}$) mit den in der Periode 98/99 und 99/00 untersuchten Löchern (bezeichnet als VLT 1 & VLT 2) fällt auf, dass über alle beiden untersuchten Perioden VLT 1 niedrigere Durchschnittstemperaturen als der Durchschnitt der Hibernationsquartiere und VLT 2 höhere Durchschnittstemperaturen als die Hibernationsquartiere aufweist, wobei beide Sommerlöcher eine größere Varianz in den Werten als die Hibernationsquartiere haben (Tab. 22, Abb. 25 & 26).

Tabelle 22: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Temperaturen der Hibernationsquartiere von Nr.5, Nr.26, dem simulierten Hibernationsquartier (HIB 00/01) und den durchschnittlichen Temperaturen in den Hibernationsquartieren ($\emptyset$ T°C) mit Sommerlöcher (VLT) und einem Mauerloch (VGMA)

	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
NR.5 98/99 VLT1 98/99	2938	2656,0	46,35	0,05	31,66	5876	0,05	35,79	5876	0,05
NR.5 98/99 VLT2 98/99	2866	40491,5	45,03	0,05	143,89	5829	0,05	130,88	5829	0,05
NR.26 98/99 VLT1 98/99	2866	5784,5	45,44	0,05	162,88	5829	0,05	175,02	5829	0,05
Nr.26 98/99 VLT2 98/99	2891	147799,5	41,79	0,05	15,90	5782	0,05	9,64	5782	0,05
Nr.26 99/00 VLT1 99/00	2040	101335,0	34,53	0,05	117,54	4534	0,05	77,97	4534	0,05
Nr.26 99/00 VLT2 99/00	2040	194782,0	30,77	0,05	19,91	4534	0,05	28,17	4534	0,05
HIB 00/01 VGMA 00/01	1717	301112,5	19,22	0,05	46,26	4113	0,05	37,54	4113	0,05
HIB 00/01 VLT 00/01	2348	185896,0	34,82	0,05	47,05	4744	0,05	41,81	4744	0,05
$\emptyset$ T°C VLT 1	4978	246044	57,98	0,05	379,82	1782	0,05	372,55	17824	0,05
$\emptyset$ T°C VLT°2	4908	457339	13,04	0,05	226,69	17778	0,05	210,98	17778	0,05

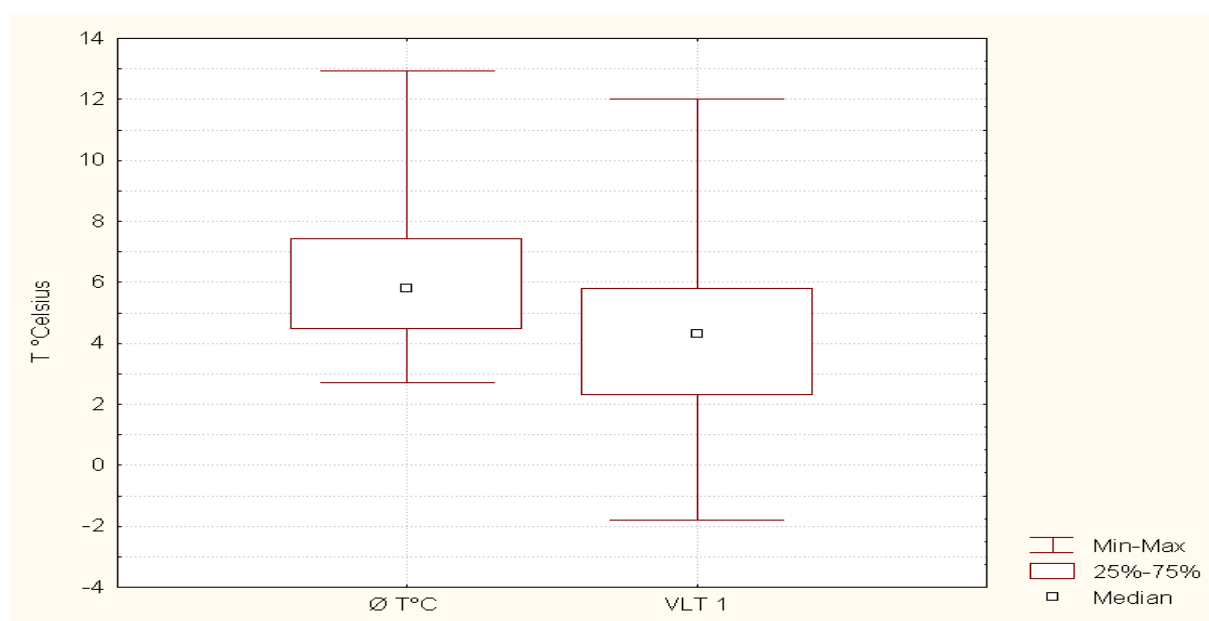


Abb. 25: Box-Whisker-Plot, n= 4978, Vergleich der Durchschnittstemperaturen der Hibernationsquartiere mit ($\emptyset$ T°C) mit einem zuletzt benutzten Sommerquartier VLT 1 über die Hibernationsperioden 98/99 & 99/00

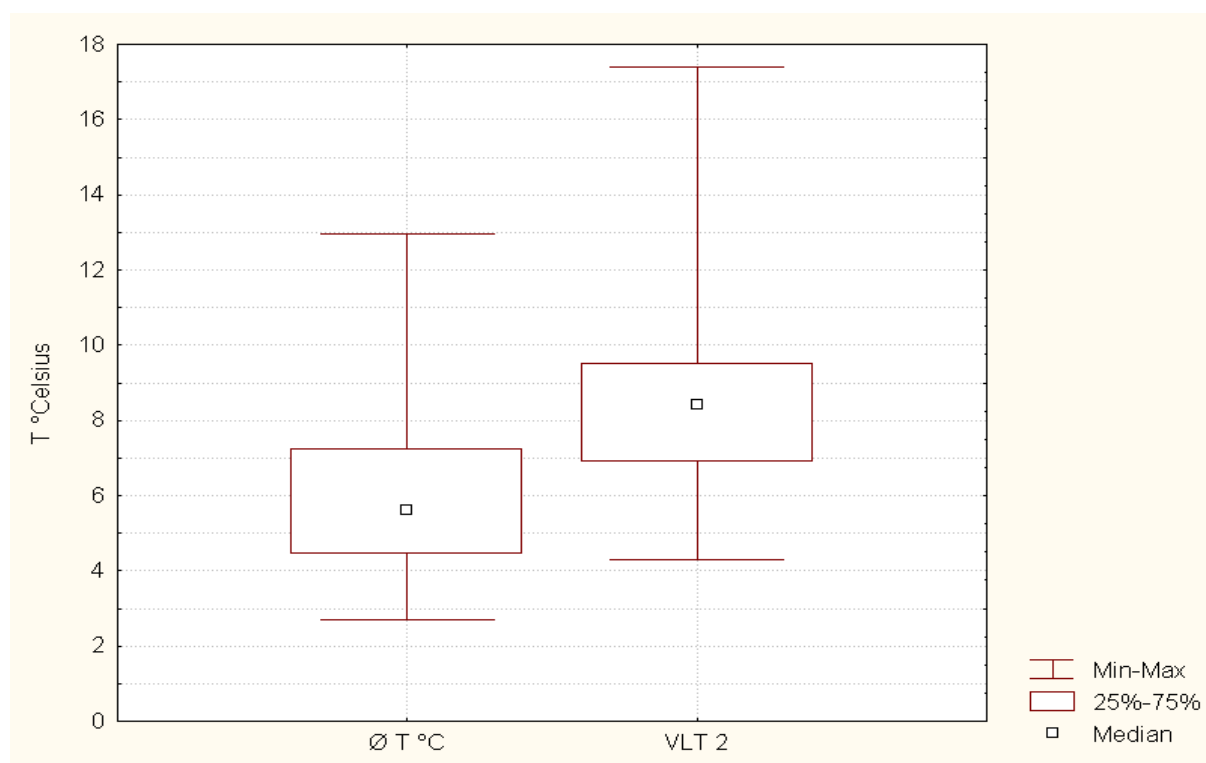


Abb. 26: Box-Whisker-Plot, $n = 4908$, Vergleich der Durchschnittstemperaturen der Hibernationsquartiere mit ($\emptyset$ T °C) mit einem zuletzt benutzten Sommerquartier (VLT 2) über die Hibernationsperioden 98/99 & 99/00

6.3.6 Hibernationsquartiere im Vergleich zur Insolation des Gebietes

Die potenzielle Insolation des Untersuchungsgebietes auf der Basis von DGM 40m Raster wurde mit der Insolation der Flächen in denen die Tiere überwinterten verglichen (Abb. 27). Die Ergebnisse zeigen, dass die Art bevorzugt in Flächen überwintert, in denen ein hohes Maß an potenzieller Einstrahlungsenergie gewährleistet ist (χ^2 -Homogenitätstest $\chi^2 = 15.2$; FG 6; $p < 0.01$). Bei einem Vergleich der Rasterzellen mit Sommernachweisen der Art kann jedoch keine eindeutige Bevorzugung festgestellt werden, was auf eine zu kleine Stichprobengröße (acht Tiere) zurückgeführt werden könnte (χ^2 -Homogenitätstest $\chi^2 = 5.409$, FG 2, $p = 0.248$). Bei einem erneuten Vergleich unter Berücksichtigung von Fundpunkten weiterer Individuen, die Mitte Oktober bzw. Mitte Februar in den fünf Untersuchungsperioden beobachtet werden konnten ($n = 20$) ergibt sich eine klare Selektion von Standorten mit hoher potentieller Insolation (χ^2 -Homogenitätstest $\chi^2 = 40.9$, FG 4, $p < 0.05$). Dieser Vergleich erfolgt unter der Annahme, dass die Art sowohl im Oktober als auch im Februar keine großen Aktionsradien ($< 15\text{m}$, ELBING 2001, SOUND 1997) besitzt und räumlich aufgrund der oben genannten Beobachtungen sehr nahe bei den Hibernationsquartieren ist (Abb. 28).

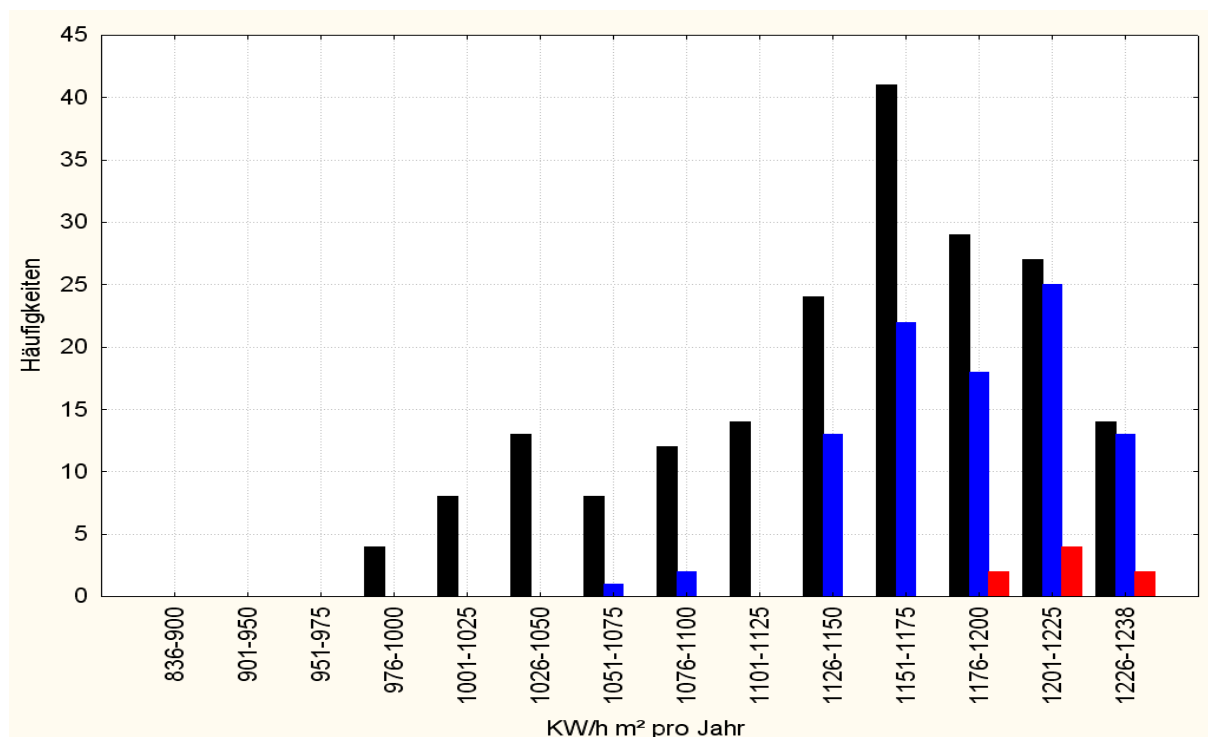


Abb. 27: Lage der Hibernationsquartiere (rote Balken), Verteilung der Sommernachweise der Art (blaue Balken) und Verteilung der potentiellen Insulationsstärke in einem Jahr im Untersuchungsgebiet (schwarze Balken) auf Basis von DGM 40m Raster.

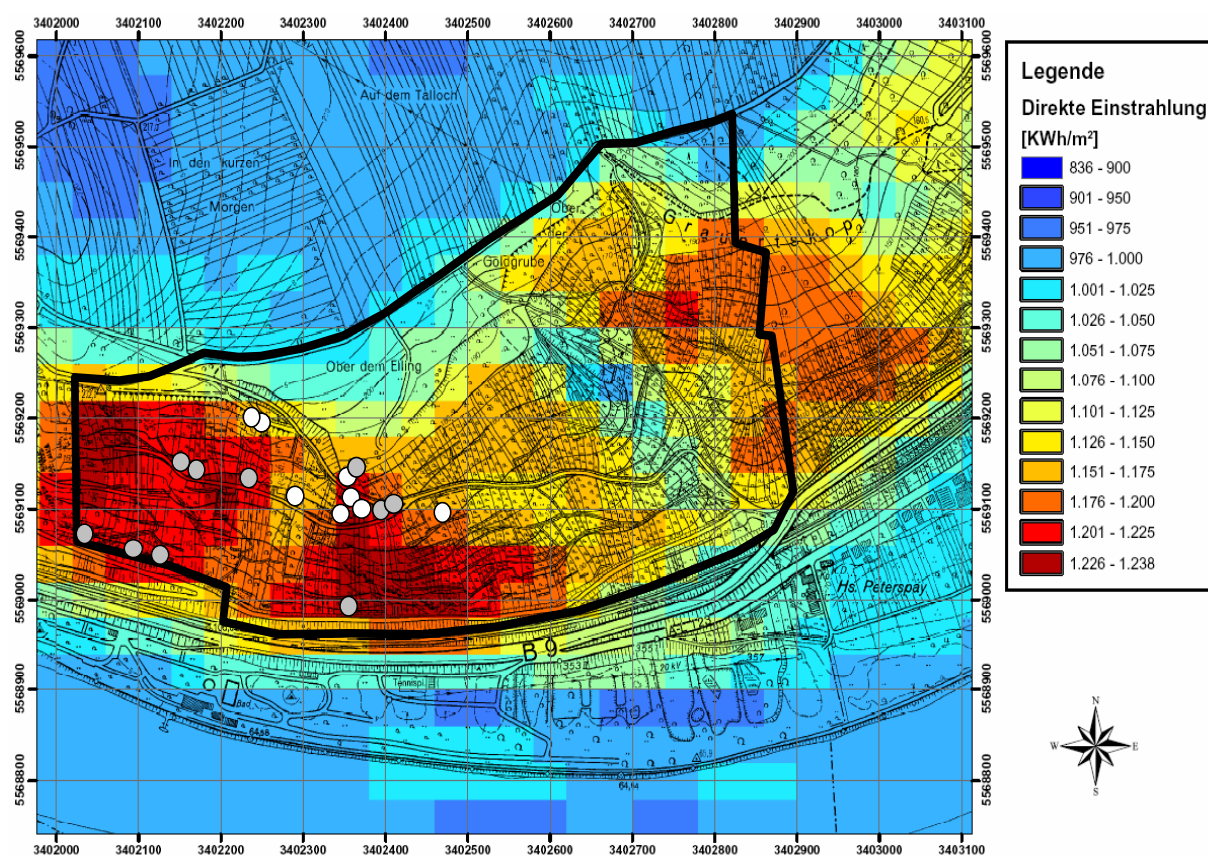


Abb 28: Lage der Hibernationsquartiere im Vergleich zur Insolation des Untersuchungsgebietes (○) untersuchte Tiere, (●) Fundpunkte weiterer Adulti kurz vor oder nach der Hibernation; Quelle: ATKIS RLP; DGM 40m Bearbeitet und berechnet: A. ZUTZ

6.4. Diskussion

6.4.1 Allgemeine Diskussion der Ergebnisse

In diesem Abschnitt wurden die Ergebnisse eines massiven Teilabschnittes der Jahresaktivität, der Hibernation der Westlichen Smaragdeidechse, vorgestellt. Dieser ist bisher noch nie beschrieben oder analysiert worden (ELBING 2001). Parallel zu den mikroklimatischen Bedingungen in den Hibernationsquartieren und den Lufttemperaturen im Steilhang wurde auch das Mikroklima von Trockenmauern, zuletzt genutzten Sommerlöchern und den Lufttemperaturen auf der Vorderen Hauptterrasse als Teilaspekt untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten Individuen der Westlichen Smaragdeidechse das Bild einer Reptilienart zeichnen, die komplexe Ansprüche und Verhaltensweisen in der Hibernation aufweist. Diese Art wählt zur Hibernation bevorzugt Kleinsäugerbauten an südexponierten Böschungen oder Hangkanten, ganz im Gegensatz zu den als Hibernationsstellen postulierten Trockenmauern (GRUSCHWITZ 1992; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001). Kurz vor Beginn der Hibernation werden potentielle Stellen „erkundet“ in denen die Hibernation dann durchgeführt wird. Ein solches Verhalten ist auch bei anderen Arten, jedoch vornehmlich bei Schlangen bekannt (VIITANEN 1967). Vielfach wird es interpretiert als auf Erfahrung beruhendes Verhalten der Kenntnis günstiger bzw. erfolgreicher Hibernationsstellen (VIITANEN 1967; PARKER & BROWN 1973, 1980). Dafür spricht, dass Nr.26 in den Perioden 98/99 und 99/00 an der gleichen Stelle nur in verschiedenen Kleinsäugerbauten überwinterte (Abb. 29). Zum einen könnte ein solches Verhalten mit der Erfahrung einer erfolgreichen Hibernation an einer bestimmten Stelle verknüpft sein oder mit einer reduzierten Verfügbarkeit solcher „guten“ Stellen in einem Habitat (GREGORY 1982). Die Wiedererkennung von bestimmten Örtlichkeiten mittels Sonnenkompassorientierung im Lebensraum wurde bei der Smaragdeidechse und anderen Arten nachgewiesen (FISCHER & BIRUKOW 1960; FISCHER 1961; VIITANEN 1967; LANDRETH 1973). Gegen dieses Argument spricht jedoch die Tatsache, dass jedes untersuchte Individuum innerhalb seines Sommerlebensraums ein Hibernationsquartier suchte und in dessen direkter Umgebung kein weiteres Exemplar vor oder nach der Hibernation angetroffen werden konnte (Abb. 28), also keine Akkumulation an bestimmten Punkten erfolgte. Die einzigen Ausnahmen stellen dabei die Weibchen Nr.17 und Nr.21 dar, die in der Hibernationsperiode 1997/1998 in 3m Distanz voneinander überwinterten. Außerdem konnte die weitreichende potentielle Verfügbarkeit von Kleinsäugerbauten im Untersuchungsgebiet bereits festgestellt werden (SOUND 1997). Da alle Exemplare in Kleinsäugerbauten überwinterten scheinen diese für die Art vorteilhafte Bedingungen für eine erfolgreiche Hibernation zu bieten, zumal Trockenmauern oder Gesteinsstrukturen als potentielle Quartiere über das gesamte Gebiet verstreut sind. Auch im Sommerlebensraum spielen diese Verstecke eine wichtige Rolle (SOUND 1997). Auf eine ähnliche Habitatwahl von Kleinsäugern und Eidechsenarten am Nordrand ihrer Verbreitung wurde in Bezug auf andere Arten hingewiesen

(BÖHME & REICHENSTEIN 1966, 1967; BÖHME 1989). Während der Hibernation kommt solchen Kleinsäugerbauten eine größere Bedeutung zu als dies während der Sommeraktivität der Fall ist. Die Lage bzw. Wahl solcher Bauten stellt eine gewisse Sicherheit in Bezug auf Frostfreiheit dar. Es konnte in der Hibernationsperiode 1996/1997 bei Männchen Nr. 11 im Hibernationsquartier eine 25tägige Frostdauer mit Temperaturen bis zu $-1,4^{\circ}\text{C}$ festgestellt werden, die das Tier ohne sichtbaren Schaden überstand. Dies belegt, dass die Art selbst lange Fröste überleben kann. Damit gehört diese lange Frostdauer zu den längsten jemals dokumentierten Frostphasen bei Reptilien, zumal die „Rekordhalter“ in Bezug auf Frosttoleranz wesentlich weiter nördlich verbreitet sind (*Thamnophis sirtalis* GREGORY 1977; *L. vivipara* COSTANZO et al. 1995). Die Ergebnisse belegen, dass auch diese Art zumindest nach einer Eingewöhnungsphase (17 Tage nach Beginn der Messung) Temperaturen unter 0°C überleben kann. Weitere Auswirkungen des Frostes im Vergleich zu anderen Tieren der Population konnten nicht dokumentiert werden. Dabei muss diese Frostphase nicht zwingend zur Entwicklung von Eis im Körper geführt haben, da die meisten Reptilien die Fähigkeit besitzen eine Phase des sogenannten „supercooling“ zu tolerieren, welche gleichbedeutend ist mit einer Absenkung der Körpertemperatur unter den Gefrierpunkt ohne das Eis im Körper gebildet wird. Hierbei konnte die Wirkung Gefrierpunkt absenkender Substanzen, die aktiv ausgeschieden werden, nachgewiesen werden (LOWE et al. 1971; HALPERN 1979; VERNON & VARNIER 2002; VOITURON et al. 2002a, 2004).

Einige Arten steigern ihren Metabolismus, nach einer längeren Phase mit sehr niedrigen Temperaturen (BENNETT & DAWSON 1976), was zu einer höheren Aktivität führen kann. Ein Beleg dafür könnte die Tatsache sein, dass Nr. 11 am 02.12.96 bei Lufttemperaturen von 2°C bei der Öffnung des Quartiers aktiv wurde bis hin zum Maulsperren (Abb. 18). Dies dürfte bei den geringen Tiefen, in denen die Hibernation am Mittelrhein durchgeführt wird, eine Überlebensnotwendigkeit sein, da die Westliche Smaragdeidechse die Dauer und die Temperaturentwicklungen eines Winters nicht vorhersagen kann. Daher müssen die Hibernationsquartiere von jedem Individuum nach dem extremsten Witterungsszenario ausgewählt werden. Von den fünf untersuchten Hibernationsperioden war der Winter 1996/1997 der kälteste, der die Anpassungsfähigkeit der Art in Bezug auf negative Temperaturentwicklungen am meisten forderte.

Die beiden Temperaturprofile der Hibernationsquartiere der untersuchten Männchen zeigen deutlich Unterschiede. Während die Temperatur im Quartier von Nr.11 deutlich den Gefrierpunkt unterschritt, tendierten die Werte im Quartier von Nr.12 um den Nullpunkt. Auch 1998/1999 konnten unterschiedliche Temperaturentwicklungen bei den beiden untersuchten Tieren festgestellt werden. Dies deutet an, dass die individuellen Quartiere eine unterschiedliche Qualität für eine erfolgreiche Hibernation aufweisen, was vor allem innerhalb der Familie der Reptilien bei Eidechsen vermehrt aufzutreten scheint (GREGORY 1982). Dies

könnte vor allem in Wintern mit langen Frostperioden mit tiefen Temperaturen zu Ausfällen in der Population führen. Diese Erhöhung der Mortalitätsrate während der Hibernation könnte ein ursächlicher Faktor beim Aussterben von Populationen sein, die aus den weitgehend frostfreien Lagen an frostexponiertere Standorte verdrängt worden sind. Dies ist möglicherweise eine Ursache für das Verschwinden der Pfälzischen Populationen bei Neustadt/Pfalz. Dort erfolgten die letzten Sichtbeobachtungen Anfang der 90er Jahre (am Friedenskreuz, Forst bei Neustadt; pers. Mitt. T. BÖKER, NIEHUIS & SOUND 1996) an ostexponierten Flächen. Weitere Ursachen für diesen Aussterbeprozess könnten auch in der suboptimalen Sommeraktivität und in der dadurch reduzierten Reproduktion zu suchen sein.

6.4.2 Hibernationsquartiere im Vergleich zu den Sommerlöchern

Alle Tiere verließen kurz vor Beginn der Hibernation ihre Sommerlöcher und überwinterten in neuen vorher nicht benutzten Quartieren. Der Vergleich der Temperaturprofile zeigt, dass die Sommerlöcher teilweise Frost anfälliger waren als die Hibernationsquartiere (Abb. 31). Im Mittel herrschten während der Hibernation in den Hibernationsquartieren höhere Durchschnittstemperaturen und geringere Varianzen als in den Sommerquartieren mit einer höheren Varianz. Diese Ergebnisse deuten an, dass die Art für die Hibernation frostfreie Quartiere mit relativ höheren Temperaturen und konstanteren Bedingungen anstrebt. Im Winter 98/99 konnten in einem Sommerloch (VTL 2, $\bar{x}$ 8,3°C, Var. 3,2) im Mittel höhere Temperaturen mit einer geringeren Varianz als im Hibernationsloch ($\bar{x}$ T°C 6,1°C, Var. 3,5) festgestellt werden (Abb. 26). Dieses Ergebnis deutet an, dass die Hibernationsquartiere nicht per se höhere Temperaturen mit geringeren Varianzen im Verlauf einer Hibernationsperiode entwickeln als die Sommerquartiere. Doch auch gegenüber höheren Temperaturen könnten die Hibernationsquartiere mit ihren Durchschnittstemperaturen um 6,0°C Vorteile mit sich bringen. Eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur im Hibernationsquartier von 6,0°C um 2,0°C bedeutet nach dem Q_{10} Faktor eine Erhöhung des Metabolismus um 30%, was zu einem erhöhten Verbrauch der physiologischen Reserven führt. Dies wiederum kann Konsequenzen für Arten haben, die eine lange Hibernation durchführen (GREGORY 1982). Fehlende körperliche Reserven können bei Beginn der sommerlichen Aktivitätsperiode zu Nachteilen bei der Fortpflanzung und auch zu einem erhöhten Prädationsrisiko führen. Somit sind niedrige, stabile und frostfreie Bedingungen wichtig für eine erfolgreiche Hibernation und eine optimale Durchführung einer nachfolgenden Aktivitätssaison, zumal die Westliche Smaragdeidechse in der Posthibernationsphase im Untersuchungsgebiet, zum Teil bis Ende März, nur Sonnenbadend und nicht jagend angetroffen werden konnten. Dies würde in der Konsequenz bedeuten, dass die Notwendigkeit der physiologischen Reserven über die Hibernation hinausgeht. Diese aufgeführten Faktoren begründen die Selektion der Hibernationsquartiere, sie erklären jedoch nicht hinreichend warum, wie und nach welchen Kriterien die Westliche Smaragdeidechse die Hibernationsquartiere selektiert. Schrittweise

kann sich dieser Thematik angenähert werden. Unabhängig von der mikroklimatischen Situation der Sommerlöcher unterscheidet sie von den Hibernationslöchern die Tatsache, dass Exkreme an und im Umfeld dieser Löcher abgesetzt werden. In keinem der Hibernationsquartiere konnten Kotspuren oder Häutungsreste entdeckt werden. Während der Hibernation sind die Tiere schutzlos Prädatoren ausgeliefert, vor allem denjenigen die potentielle Beute über die olfaktorische Wahrnehmung detektieren (z.B. Wildschweine). Durch die Vermeidung der Ausscheidung jeglicher olfaktorisch wahrnehmbarer Stoffe und durch die Wahl eines mit Geruchsstoffen unbelasteten Verstecks zu Beginn der Hibernation bauen die Tiere präventiv einer Wahrnehmung vor. Dies könnte eine mögliche Erklärung der generellen Selektion neuer Verstecke vor dem Beginn der Hibernation sein. Es ist auffällig, dass die Flächen, in denen die Hibernationsquartiere lagen, am Fuß von südexponierten Hügeln, Böschungen oder Hangabsätzen lagen und die Quartiere selbst immer unterhalb von Abhängen oder Hangkanten. Dadurch sind die Quartierflächen vor Kaltluftströmen von der vorderen Hauptterrasse geschützt. Dieser Windschutz ermöglicht eine schnellere Erwärmung am Ende der Hibernation und eine geringere Auskühlung. Diese Wahl von Strukturen konnte auch bei anderen Reptilienarten, insbesondere Schlangen nachgewiesen werden (GREGORY 1982, LANG 1971). Ein weiteres Kriterium der Auswahl der Hibernationsplätze könnte die Struktur und Wuchsdichte der Vegetation sein. An allen Plätzen war die Vegetation sehr lückenhaft und maximal 30cm hoch, was eine hohe Besonnung im Frühjahr gewährleistet (Abb. 29). Dabei wurden vollkommen vegetationsfreie Flächen nicht ausgewählt, ebenso wie Stellen an denen Wanderschatten durch Bäume gegeben war. Die Erklärung für diese Selektion könnte in der Tatsache liegen, dass diese lückig von niedriger Vegetation bewachsenen Stellen auch im Frühjahr die gleiche Vegetationsstruktur besitzen wie im Herbst. Die Gefahr des Zuwachsens dieser Stellen und eine Beschattung durch die Frühjahrsbelaubung von Bäumen ist nicht gegeben. Dadurch waren solche Umgebungsbedingungen für die Individuen sehr überschaubar. Eine gleichbleibende Quantität an Vegetation ist auch notwendig, um dem Bedürfnis der Art nach Deckung vor Prädatoren Rechnung zu tragen. Noch nicht belaubte Vegetation oder vollkommene Vegetationsfreiheit könnte Individuen der Art sehr schnell zum Ziel von Prädatoren machen. Somit könnte auch dies ein weiteres Selektionskriterium für eine Quartierauswahl sein. Da alle Individuen in Kleinsäugerbauten überwinterten, könnte die Wahl aktiv angelegter Strukturen anderer Arten ein weiteres Kriterium sein, wie dies als ausschlaggebender Faktor bei anderen Arten auch der Fall ist (z.B. Ameisenhügel bei Schlangen (CARPENTER 1953; LANG 1971). Dem generellen selektiven Vorteil der Wahl eines unbenutzten Verstecks zur Hibernation folgend könnte die Auswahl von Hibernationsquartieren an windgeschützten, sonnenexponierten und vegetationsarmen Flächen in Kleinsäugerbauten ausreichende Bedingungen für die erfolgreiche Umsetzung einer Hibernation bieten.

Alle untersuchten Tiere überwinterten in relativ geringen Tiefen (~10 cm). Auch dies ist so vorher nicht vermutet worden (~1m; ELBING 2001). Es ist umso überraschender, dass diese Quartiere auch in vier von fünf Hibernationsperioden frostfrei geblieben sind. Angaben zu Überwinterungstiefen anderer Arten existieren nur spärlich und beruhen auf Zufallsfunden (GREGORY 1982) oder auf telemetrische Studien (z.B. bei *Vipera berus*, ANDERSSON & JOHANSSON 2001). Da immer davon ausgegangen wurde, dass die Hibernationsquartiere in frostfreien Bodenlagen liegen, wurden immer tiefere Bodenschichten postuliert, da diese nicht nur Frostfreiheit gewährleisten, sondern auch höhere und stabilere Temperaturen (ALEKSIUK 1976; CONGDON et al. 1979). Dementsprechend ist dies auch so für die Westliche Smaragdeidechse vermutet worden (BÖKER 1992; GRUSCHWITZ 1992; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001). Neuere Bodentemperaturuntersuchungen am Mittelrhein bei Kaub (ZUTZ 2004) an verschiedenen exponierten Lagen, u. a. auch in der Smaragdeidechsen Population in der Dörscheider Heide belegen, dass die Temperaturprofile und -entwicklungen der Böden selbst auf kurzen Distanzen je nach Lage hochgradig unterschiedlich ausgeprägt sein können. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, dass die südexponierten Böden der Steillagen gegenüber allen anders exponierten Steillagenflächen und auch Plateaulagen im Januar um bis zu 14°C höhere Temperaturen in gleichen Messtiefen (1m) aufwiesen. Dies hat auch Auswirkungen auf oberflächennahe Bodenschichten. In südexponierten Steilhanglagen werden die Tiefpunkte der Temperatur im Januar erreicht, in nordexponierten Lagen und in Plateaulagen der vorderen Hauptterrasse erst einen Monat später. Dadurch kühlen die Böden in den südexponierten Steilhanglagen geringer aus und erwärmen sich früher. Diese Untersuchungen könnten dadurch plausibel darlegen weshalb die Böden bereits in sehr geringen Tiefen frostfrei bleiben. Dadurch bieten sie der Art Hibernationsrahmenbedingungen, die ein entscheidender Faktor für das Überleben der Art am Nordrand der Verbreitung sein könnten. Zugleich gestatten diese Habitate auch eine relativ frühe Präsenz der Art im Jahr. Da größere Eidechsenarten längere Zeiträume zur Einstellung und Umstellung des Metabolismus benötigen (COWLES 1941; GREGORY 1982), ist ein früher Beginn der Aktivitätsperiode eine zwingende Notwendigkeit für die größte in Deutschland heimische Eidechsenart, um die für sie notwendigen Aktivitäten in dem relativ kurzen Sommerhalbjahr unter instabilen Wetterbedingungen durchzuführen. Wenn also u.a. die Männchen der Art nicht im Februar in den ersten warmen Perioden sonnenbadend die Spermienreifung abschließen könnten, wäre der gesamte Jahresaktivitätszyklus der Art gefährdet bzw. vielleicht nicht möglich. Da diese oberflächennahen frostfreien Böden nur in den südexponierten Steilhanglagen im Mittelrheingebiet verbreitet sind, könnte dies dadurch eine zwingende Bedingung für die Bindung der Vorkommen der Art an solche Lagen sein.

Die Ergebnisse belegen jedoch auch, dass die Art auch längere leichte Fröste vertragen kann (Minimum -1,4°C). Inwieweit noch niedrigere Temperaturen toleriert werden bleibt offen. Dies

widerspricht jedoch nicht der oben geäußerten These, da ein Vergleich der Temperaturentwicklung der Luft im Steilhang und auf der Vorderen Hauptterrasse in der Hibernationsperiode 2000/2001 belegt, dass die Temperaturen dort im Durchschnitt niedriger sind und höheren Variationen unterliegen. Dieses Ergebnis wird auch durch weitere Untersuchungen bestätigt (SCHMITT 1991). Demnach sind die Temperaturen auf den Plateaulagen der vorderen Hauptterrasse im Durchschnitt niedriger und die Minima können wesentlich extremer ausfallen als im Engtal des Rheins. Mindestens seit dem Mittelalter sind extrem lange und abrupt auftretende Frostphasen, die auch zu Spätfrösten im Frühjahr geführt haben, jedoch in den Steillagen kaum auftreten, auf dem Plateau am Mittelrhein belegt (VOLK 1998). Diese könnten für die Art auf der vorderen Hauptterrasse während der Hibernation letal sein und deswegen eine Ausweitung der Population auf diese Flächen unterbinden. Damit wäre das Auftreten von leichtem Frost im Hibernationsquartier nur ein Beleg für die Toleranz der Art in Bezug auf leichte Fröste nach einer längeren Akklimatisierung. Dies bedeutet jedoch nicht, dass kurzfristig auftretende oder tiefere Fröste keine letale Wirkung haben bzw. diese ausgeschlossen werden kann

6.4.3 Hibernation im Vergleich zu Insolation des Gebietes

Der Vergleich der gewählten Plätze für die Hibernation mit der Verteilung der potentiellen absoluten Insolation im Gebiet zeigt, dass die untersuchten Tiere Bereiche mit potentiell drei höchsten Einstrahlungsstufen im Untersuchungsgebiet als Orte zur Durchführung der Hibernation wählten. Damit lagen die erfassten Hibernationsquartiere in Bereichen einer potentiellen Einstrahlung zwischen 1.175 und 1.238 KWh/m² pro Jahr. Sie gehören damit zu den Gebieten mit der höchsten potentiellen Insolation im Bopparder Hamm und im gesamten Mittelrheingebiet (pers. Mitt. A. ZUTZ). Flächen mit hoher Insolation gewährleisteten nicht nur eine maximal mögliche Erwärmung der Böden, sie ermöglichen auch im Frühjahr in der Posthibernationsphase die maximal mögliche Aufnahme von Strahlungsenergie, um damit wiederum schnell physiologisch notwendige Aktivitäten durchzuführen. Die Konzentration der untersuchten Tiere in den Bereichen höchster Insolation belegt die Bedeutung dieses Faktors, der auch mit der Temperaturentwicklung der Böden verbunden ist (ZUTZ 2004). Damit könnte auch die Bindung an Gebiete hoher Insolation, die mit der Entwicklung der Temperaturprofile in den Böden verbunden ist, eine wichtige Rolle bei der Bindung der Art an Steilhanglagen spielen. Dass dies nicht ungewöhnlich ist, wurde auch bei anderen Arten nachgewiesen, wenngleich diese auch ohne empirische Belege erfolgte, wie zum Beispiel bei *Cnemidophorus hyperythus* (BOSTIC 1966), *Sceloporus jarrovi* (RUBY 1977) und *Crotalus horridus* (GALLIGAN & DUNSON 1979), dieses Verhalten insbesondere bei Präieklapperschlangen dokumentiert (KLAUBER 1972).

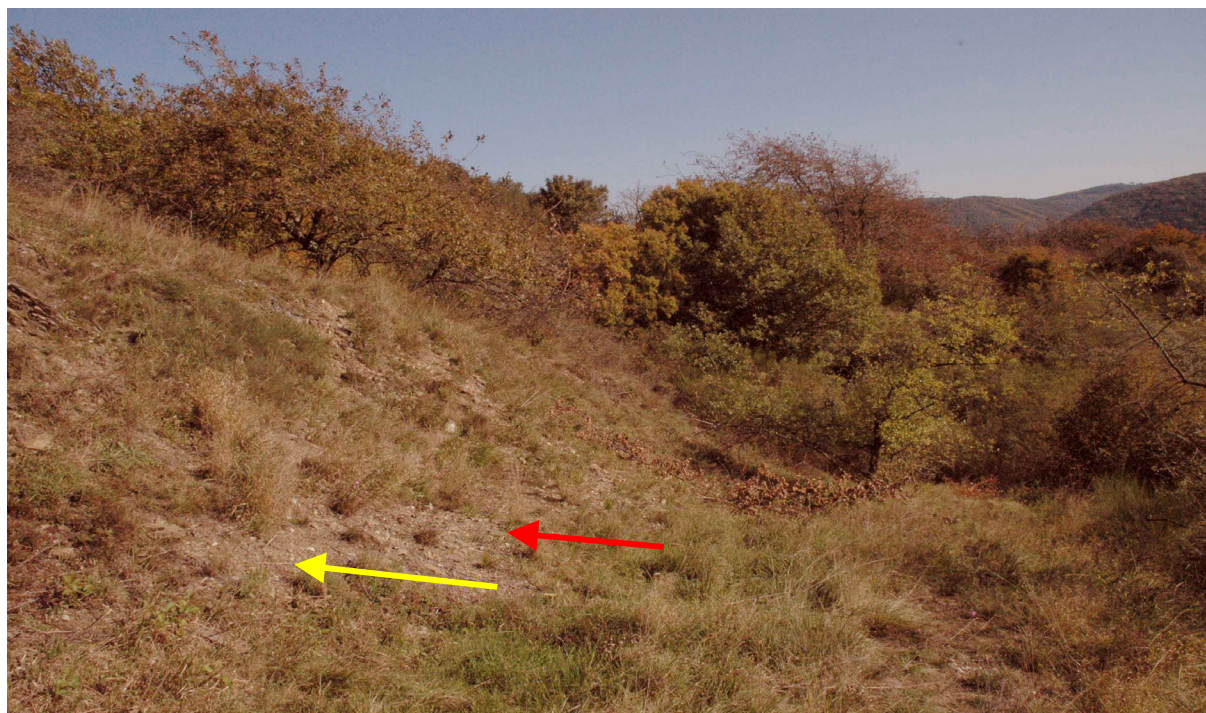


Abb. 29: Lage der Hibernationsquartiere von Nr.26 in den Jahren 98/99 (gelber Pfeil) und 99/00 (roter Pfeil) am Fuß eines Hügels, der ganzjährig mit lückiger Vegetation bestanden ist.

Bei der weiteren Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass alle untersuchten Tiere frühestens ab Mitte Oktober die Hibernation begannen. In den letzten drei Untersuchungsperioden lag der Beginn der Hibernation sogar Ende Oktober. Außer in der Hibernationsperiode 1998/1999 wurden alle Hibernationen in den ersten zwei Februar Pentaden beendet. Keine Hibernation wurde im März beendet. Dieses Ergebnis widerspricht den in der Literatur angegebenen Zeiträumen zum Beginn und Ende der Hibernation der Art, wonach die Art frühestens Anfang März die Hibernation beendet wird und die Männchen vor den Weibchen aktiv werden (MERTENS 1947; NETTMANN & RYKENA 1984; RYKENA 1996). Für den Mittelrhein wurden Hibernationsperioden zwischen Mitte August/Mitte September und März angegeben (GRUSCHWITZ 1984 et al.; BÖKER 1987, 1990b), mit Ausnahmebeobachtungen Anfang Februar (09.02.87, BÖKER 1988) und Ende Februar (MERTENS 1947). Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchung belegen eine konstante Aktivität der Art im Oktober und einen Beginn im Februar und zeigen das es sich im Untersuchungszeitraum nicht um Ausnahmen handelte. Im Oktober beendeten alle Individuen die Sommeraktivität am Ende von strahlungsintensiven Phasen und unterbrachen die Hibernation danach nicht mehr, auch wenn die Außentemperaturen über 16°C stiegen. Die Hibernation wurde in den Monaten November, Dezember und Januar in keinem Fall unterbrochen, auch nicht bei Außentemperaturen über 15°C. Im Februar wurde die Hibernation in drei untersuchten Perioden (96/97, 97/98 & 99/00) bei Außentemperaturen über 15°C abgebrochen. Eine Ausnahme macht die Hibernationsperiode 98/99 die am 28.02 bei Außentemperaturen von 13,8°C abgebrochen

wurde. Eine Erklärung hierfür könnte in der Tatsache liegen, dass diese Hibernation relativ spät abgebrochen wurde (28.02.99) und somit die Notwendigkeit bestimmter Temperaturschwellen gesunken war, wie dies auch bei anderen Arten festgestellt werden konnte (GREGORY 1982). Die Tiere konnten dann lehmverschmiert vor dem Hibernationsquartier beobachtet werden. Auch in der Hibernationsperiode 00/01 konnten die ersten Tiere Anfang Februar bei Außentemperaturen von 13,8°C beobachtet werden. Die Erklärung hierfür könnte in den relativ hohen Quartierinnentemperaturen liegen. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass die dokumentierten Werte der fünf Hibernationsperioden nicht ausreichen, um definitiv eine Temperaturschwelle von 15°C für das Ende der Hibernation zu postulieren. Eine weitere Erklärung für die kurze 3,5-4 Monate dauernde Hibernation könnte im Temperaturanstieg im Mittelrheintal zu suchen sein. Wie gezeigt werden konnte steigen die durchschnittlichen Temperaturen im Mittelrheingebiet kontinuierlich an ($\bar{\Delta} + 0,95^{\circ}\text{C}$ seit 1978, $+1,43^{\circ}\text{C}$ im Untersuchungszeitraum) und belegen damit die Präsenz des globalen Trends. Dies könnte bedeuten, dass die Art ihre Aktivität in die Monate Oktober und Februar ausdehnt und die postulierten Daten zum Beginn und Ende der Hibernation auf Grund von anderen klimatischen Bedingungen getroffen wurden (GRUSCHWITZ 1984; BÖKER 1987, 1988, 1990b; NETTMANN & RYKENA 1984; MERTENS 1947).

6.4.4 Hibernationsquartiere im Vergleich zu Trockenmauern

Der Vergleich mit den Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsprofilen einer Trockenmauer, die in der Hibernationsperiode 96/97 analysiert wurde, zeigt, dass die Wirkung und die Varianz der Außentemperaturen von außen nach innen abnimmt. Das Auftreten von schweren Frösten unter -10°C (Minimum $-7,7^{\circ}\text{C}$) und hohen Luftfeuchtigkeiten (Maximum 105,6%) belegt eine Anlehnung an die äußere Klimaentwicklung. Die äußeren klimatischen Bedingungen werden in der Tiefe der Trockenmauer abgemildert, dennoch können bis in Tiefen von 80 cm deutliche Fröste vordringen (Minimum $-7,7^{\circ}\text{C}$, 1996/1997) und diese Strukturen bleiben nicht frostfrei. Trockenmauern wurden wiederholt aufgrund ihrer Einbindung in die Sommeraktivität als Hibernationsquartiere der Art postuliert (GRUSCHWITZ et al. 1984; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001). Außerdem dient diese Struktur im gleichen Lebensraum anderen Reptilienarten wie z.B. der Schlingnatter und der Mauereidechse als Hibernationsquartier (BAMMERLIN et al. 1996; GLÄSSER 1996). Nach BÖKER (1990a) konnten überwinterte Individuen der Art in Trockenmauern von außen sichtbar angetroffen werden. Nach den vorliegenden Ergebnissen werden solche Bereiche von starken Frösten getroffen und können hier nicht als Hibernationsquartier bestätigt werden. Die von den untersuchten Tieren gewählten Hibernationsquartiere wiesen auch geringere Luftfeuchtigkeiten ($\bar{\Delta}$ 62,54%) als die Trockenmauer auf. Lediglich in 80 cm Tiefe näherten sich die Werte an ($\bar{\Delta}$ 69,15%). Damit

bestätigt sich, dass die Art wie von ELBING (2001) vermutet eine Hibernation unter trockenen Bedingungen anstrebt. Trockenmauern könnten jedoch aus einem weiteren Grund ungeeignet für eine Hibernation der Art sein. Unter der Annahme der Frostfreiheit in größeren Tiefen einer Trockenmauer erlauben die gepufferten Bedingungen in größeren Tiefen keine schnelle Reaktion auf kurzfristige Außentemperaturerhöhungen bei Schönwetter Perioden ab Anfang Februar, da das Mikroklima verzögert auf ansteigende Temperaturen reagiert. Die untersuchten Tiere reagierten sehr schnell auf solche kurzfristigen Wetterereignisse und konnten dadurch bereits im Februar Außenaktivitäten zeigen. Bei der Schlingnatter (*Coronella austriaca*), bei der am Mittelrhein Trockenmauern als Hibernationsquartiere nachgewiesen worden sind (GLÄSSER 1996) liegen die ersten Fundmeldungen mit Frühjahresaktivität deutlich später als bei der Westlichen Smaragdeidechse (VEITH 1996), was mit der Einbindung in das mikroklimatische Profil einer Trockenmauer korrelieren könnte. Zudem wurde für diese Art eine Kälteunempfindlichkeit postuliert (MERTENS 1947). Auch bei der Mauereidechse (*Podarcis muralis*) konnten Trockenmauern als Hibernationsstandorte nachgewiesen werden (BAMMERLIN et al. 1996, wobei diese Art in beschränktem Umfang (bis zu 28%) eine Eisentwicklung im Corpus toleriert (CLAUSSEN et al. 1990). Bei Mauereidechsen konnten in Rheinland-Pfalz Winteraktivitätsnachweise bei wetterbedingten Wärmeschüben erbracht werden. Sie belegen, dass die Art schnell auf kurzfristige Wetterentwicklungen reagieren kann. Außerdem gehört sie zu der am frühesten im Jahr aktiven Reptilienart in Rheinland-Pfalz. Bei einer Hibernation in Fels- oder Felsersatzlebensräumen stellt die Fähigkeit zum „Supercooling“ und Frosttoleranz eine notwendige Anpassung zur Umsetzung der ökologischen Ansprüche der Art dar. Die gezeigten Ansprüche der Schlingnatter und der Mauereidechse belegen die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse des Mikroklimaprofils der Trockenmauer und stufen die Wertigkeit dieser Habitatstruktur für die Smaragdeidechse neu ein.

6.4.5 Mortalität

Zwei von acht Tieren fielen Prädatoren zum Opfer. Im Fall von Nr.8 in der Hibernationsperiode 97/99 kann diese Prädation auf Wildschweine zurückgeführt werden, die in den Steilhängen des Untersuchungsgebietes sehr häufig sind. In der Sommeraktivitätsperiode konnte im Untersuchungszeitraum keine Prädation dokumentiert werden. Auch für Rheinland-Pfalz wie auch im Rest des Verbreitungsgebietes liegen kaum Prädationsnachweise vor (NIEHUIS & SOUND 1996; ELBING 2001). Viele verschiedene Arten von Insekten (z.B. große Carabiden), Vögel (z.B. Turmfalken, *Flaco tinunculus* oder Elstern, *Pica pica*), Säugetiere (z.B. Wildschweine, *Sus scrofa* oder Spitzmausarten (*Sorex* sp.), bis hin zu anderen Reptilienarten (z.B. die Schlingnatter, *Coronella austriaca* oder die Ringelnatter, *Natrix natrix*) werden zum Kreis potentieller Prädatoren gezählt (ELBING 2001) vornehmlich weil sie im gleichen Lebensraum vorkommen, ohne dass Prädationen belegt sind. Daher scheinen konkrete

Prädationen während der Sommeraktivitätsphase relativ selten zu sein und für einige postulierte Prädatoren unwahrscheinlich, da für diese die Westliche Smaragdeidechse wiederum als Prädatator im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden konnte (Prädation einer Schlingnatter, SOUND 1999).

Dies wirft einen Blick auf die Mortalität und das Prädationsrisiko während der Hibernation. Bei der Annahme, dass die Art im Untersuchungsgebiet ubiquitär nur in geringen Tiefen überwintert, stellt dies ein hohes Sicherheitsrisiko in einer maximal sechs Monate dauernden immobilen Phase dar. Trotz der wenigen untersuchten Tiere konnten zwei Prädationen dokumentiert werden, während der Sommeraktivität jedoch keine. Bislang gibt es kaum Untersuchungen zu den Verlustraten bei Reptilien durch Prädation während der Hibernation (GREGORY 1982; BLOUIN-DEMERS et al. 2000). Auch die Mortalitätsrate durch Selektion von Hibernationsquartieren, in denen letale Temperaturen erreicht werden, ist bei der Art nicht beleuchtet worden. Dabei zeigen Untersuchungen an anderen Arten, dass dies ein nicht zu unterschätzender Faktor in der Verlustquote von Arten ist. Bei einigen Arten konnte diese bis 50% (*Thamnophis sirtalis*, GREGORY 1977) oder 70% (*Vipera berus*, VIITANEN 1967) betragen. Als Hauptursache hierfür wurde die Wahl ungeeigneter Hibernationsstandorte gesehen. Auch die hier untersuchten Tiere offenbarten ein unterschiedliches mikroklimatisches Profil der Hibernationsquartiere. In der Hibernationsperiode 1996/97 erreichte das Quartier von Nr.11 minimale Werte von $-1,4^{\circ}\text{C}$ und Werte unter Null Grad hielt es über längere Perioden, während das Quartier von Nr.12 im Extremfall $-0,1^{\circ}\text{C}$ erreichte und nur für kürzere Zeiträume die Null Grad Grenze unterschritt. Dies deutet an, dass im Untersuchungsgebiet die mikroklimatischen Profile der Hibernationsquartiere nicht von identischer Qualität sind. Somit kann von einer erhöhten Mortalität in Wintern mit extrem niedrigen und langanhaltenden Frösten ausgegangen werden. Bei anderen Reptilienarten betrafen diese Verluste vor allem Jungtiere und Subadulte (*Lacerta vivipara*, BAUWENS 1981; *Sauromalus obesus* SMITH & YORKE 1980). Dies könnte vor allem daran liegen, dass diese Tiere geringere Fettreserven aufbauen, insbesondere nach ungünstigen Sommerperioden. In den südlicheren Teilen des Verbreitungsgebietes können Jungtiere der Westlichen Smaragdeidechse teilweise länger aktiv bleiben (ELBING 2001), Energiereserven aufbauen und dadurch die Mortalitätsrate dieser Gruppe senken. Unter den gegebenen Bedingungen der Hibernation der Art im Untersuchungsgebiet ist dies ein ausschlaggebender Punkt im Überleben der Population.

6.4.6 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Hibernation

Unter den acht untersuchten Tieren waren zwei Weibchen in der Hibernationsperiode 1997/1998. Da das parallel untersuchte Männchen kurz vor Ende der Hibernation von Wildschweinen gefressen wurde, kann nicht abgeschätzt werden, ob die Männchen der Art vor den Weibchen die Hibernation beenden, wie dies beschrieben worden ist (ELBING 2001). Die

Hibernation wurde von beiden Weibchen, die in geringer Distanz zueinander überwinterten, am 10.02.98 abgebrochen. Die Rahmenbedingungen des Abbruchs der Hibernation in der zweiten Februar Pentade bei Lufttemperaturen von 15,3°C und Quartierinnentemperaturen von 8°C sind mit denen der männlichen Tiere in den vier anderen Untersuchungsperioden vergleichbar. Demzufolge würden die Weibchen gleichzeitig mit den Männchen die Hibernation abbrechen, was von Beobachtungen von WEBER (1957) im Tessin gestützt wird. Dies widerspricht jedoch den Angaben von BÖKER (1987, 1990b) nach denen die Männchen vier Wochen vor den Weibchen die Hibernation beenden. Für viele weitere Arten ist dieser geschlechtsspezifisch divergente Beginn der Frühjahrsaktivität belegt (z. B. *Lacerta vivipara*, PATTERSON & DAVIES 1978; *Vipera berus*, PRESTT 1971; *Vipera aspis* DUGUY 1958). Dieses Verhalten wird mit Rankämpfen und der Etablierung von Territorien begründet, damit die Paarungszeit sofort nach dem Aktivitätsbeginn der Weibchen anfangen kann. Aufgrund der einmaligen Vergleichssituation in der Hibernationsperiode 1997/1998 mit unklarem Ergebnis kann nicht klar interpretiert werden, ob es sich hierbei um ein konsistentes Verhalten handelt.

6.5 Zusammenfassung

In diesem Teilabschnitt werden Ergebnisse der Untersuchung der Hibernation der Westlichen Smaragdeidechse vorgestellt. In fünf aufeinander folgenden Hibernationsperioden vom Winter 1996/1997 bis zum Winter 2000/2001 wurde die Hibernationsökologie der Art im Freiland analysiert. Dabei wurde das Mikroklimaprofil der Hibernationsquartiere von insgesamt acht Tieren (sechs Männchen & zwei Weibchen) mittels elektronischer Datalogger untersucht. Parallel dazu wurde das Mikroklimaprofil einer Trockenmauer (Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Hibernationsperiode 1996/97) in drei verschiedenen Tiefen (10, 50 und 80cm) vergleichend analysiert. In den Hibernationsperioden 98/99, 99/00 und 00/01 wurden zuletzt verwendete Sommerquartiere im Mikroklimaprofil mit dem der Hibernationsquartiere verglichen. Außerdem wurde die Lage der Hibernationsquartiere mit der potentiellen Insolation des Untersuchungsgebietes auf der Basis von 40m Rastern untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Art Quartiere für die Hibernation nach bestimmten Prinzipien selektiert. Diese weisen spezielle Charakteristika in der näheren Umgebung auf, die entscheidende Vorteile für eine erfolgreiche Hibernation mit sich bringen. Als Hibernationsquartiere wurden ausschließlich Kleinsäugerbauten gewählt, die mit Tiefen von 10cm näher an der Bodenoberfläche lagen als dies erwartet wurde. Die Analyse des Mikroklimaprofils zeigt, dass diese Quartiere trotz ihrer Oberflächennahen Orientierung weitgehend frostfrei ($\varnothing$ 5,80°C) bleiben. Nur während einer Hibernationsperiode konnte eine längere Frostperiode (25 Tage) im Quartier mit leichtem Frost (Minimum $-1,4^{\circ}\text{C}$) dokumentiert werden, der ohne erkennbare Schäden von dem dort überwinternden adulten Männchen überstanden wurde. Dies zeigt, dass Temperaturen unter Null Grad ohne letale Folgen bleiben können. Die Zusammenhänge dieses Ergebnisses mit dem Phänomen des „Supercooling“ bei Reptilien werden diskutiert. Der Vergleich des Mikroklimas der Hibernationsquartiere mit dem einer exemplarischen Trockenmauer zeigt, dass diese signifikant differieren. Auch in Tiefen bis zu 80cm liegen die durchschnittlichen Temperaturen niedriger als in den Hibernationsquartieren und variieren stärker, obwohl hier die Temperaturprofile sich einander annähern und nicht signifikant differieren. Außerdem können starke Fröste (Minimum $-7,7^{\circ}\text{C}$) bis in 80cm Tiefe auftreten. Die aufgrund der Ergebnisse sich darstellende fehlende Eignung von Trockenmauern für die Art für die Hibernation wird diskutiert. Auch aufgrund der Aktivitätsmuster der Art im Frühjahr scheinen diese Strukturen unwahrscheinliche Standorte für die Hibernation dieser Art zu sein. Der Vergleich des Mikroklimas der Hibernationsquartiere mit dem der zuletzt genutzten Sommerlöcher zeigt, dass auch diese signifikant im Mikroklima differieren. Dies spricht für eine fehlende Eignung der Sommerlöcher für eine erfolgreiche Hibernation und für die besondere Güte der Hibernationsquartiere. Die Lage der untersuchten Hibernationsquartiere zeigt im Vergleich mit der Verteilung der potentiellen Insolation eine Selektion von Standorten mit der höchsten Einstrahlung im Gebiet. Dieses Ergebnis in Verbindung mit der geringen

Bodentiefe der Hibernationsquartiere deutet auf einen Faktor hin, der in Bezug auf ihre Phänologie eine Bindung der Art an südexponierte Steilhanglagen mit hoher Insolation erforderlich erscheinen lässt. Damit könnte hierin eine Ursache für die fehlende Ausbreitung der Art auf geringer bestrahlte Plateaulagen liegen. Die Gründe für die Ausweitung der Aktivitätsperiode in den Februar bzw. bis Ende Oktober werden diskutiert. Eine mögliche Ursache hierfür könnte in der Klimaerwärmung liegen, die auch für das Mittelrheintal festgestellt werden kann.

7. THERMOREGULATION

7.1 Einleitung

Bis in die frühen 40er Jahre des 20. Jahrhunderts galten Reptilien als wechselwarme Tiere, deren Körpertemperatur unspezifisch von der Umgebungstemperatur bestimmt wurde. Erst die Arbeiten von COWLES & BOGART (1944) führten zu einer Veränderung der Sicht auf die Physiologie von Reptilien (BARTHOLOMEW 1982; ANGUILETA et al. 2002). Sie zeigten, dass Reptilien in der Lage sind, ihre Körpertemperaturen auf bestimmten Niveaus zu halten und zu regulieren. Außerdem erbrachten sie den Nachweis, dass Reptilien durch Verhaltensänderungen aktiv thermoregulieren. Demnach ist Thermoregulation ein dynamischer Prozess, der physiologische und verhaltensspezifische Anpassungen erfordert, um Körpertemperaturen einer definierten Spanne zu erreichen als Rückkopplung an aktuelle oder antizipierte Veränderungen in Folge von externen und internen Wärmebedürfnissen. Diese Körpertemperaturen, einer bestimmten Spanne, stehen im Zusammenhang mit dem ökologischen und physiologischen Kontext (HUEY 1982). Demnach ist die Körpertemperatur die ökophysiologische Variable, die alle Aktivitäten von Reptilien beeinflusst. Alle Aspekte des Verhaltens von der generellen Aktivität (WEINSTEIN 1998; ZANG & JI 2004), über die Immunabwehr (MONDIAL & RAI 2001), die Fähigkeit zur Nahrungsaufnahme (AYERS & SHINE 1997), Vermehrungs- und Nahrungsverwertungsraten (KINGSOLVER & WOODS 1997) sind mit der Körpertemperatur (T_b) korreliert (ANGUILLETA et al. 2002). Dies bedeutet jedoch nicht, dass alle Reptilienarten Thermoregulation betreiben. Arten, die in Habitaten leben, die Strukturen mit großen Temperatursprüngen und –amplituden bieten, betreiben Thermoregulation (POUGH et al. 2001). Solche Arten, die Wärme abstrahlende Strukturen in Habitaten nutzen, um stabile Körpertemperaturen während der täglichen Aktivität zu erreichen, werden auch als heliotherme Reptilien bezeichnet. Zu dieser Gruppe gehören alle Arten außerhalb der tropischen Breiten. In Habitaten, in denen die Sonne nur schwer oder unter großen Risiken zu erreichen sind, wie z.B. im Regenwald, kommen oft Arten vor, die keine Thermoregulation betreiben. Die Körpertemperatur (T_b) solcher Arten ist oft eng mit der Umgebungstemperatur korreliert. Solche Arten werden Thermoconformer genannt (SHINE & MADSEN 1996). Zwischen diesen beiden Enden des Spektrums existiert eine Vielzahl an Zwischenformen. Neben dem Habitat spielt die Phylogenie eine Rolle bei der thermoregulatorischen Ausrichtung einer Art (AVERY 1982; VAN BERKUM et al. 1986). Die Thermoregulation wird zudem auch durch die Anwesenheit von Konkurrenten und Prädatoren, das Nahrungsangebot und die Verfügbarkeit von essentiellen Habitatstrukturen (z.B. Schattenplätze oder Heizstrukturen) beeinflusst (POUGH et al. 2001). Selbst innerhalb einer Art kann die Thermoregulation innerhalb verschiedener Habitate unterschiedlich ausgeprägt sein (HUEY & WEBSTER 1976; HUEY 1982). Thermoregulation bedeutet nicht, dass Reptilien Homeothermie anstreben bzw. einen homeothermen Zustand antizipieren. Sie muss vielmehr als eigene physiologische

Zustandsform begriffen werden mit der Reptilien weltweit in einem weiten Spektrum erfolgreich nahezu alle Klimazonen besiedeln konnten (BARTHOLOMEW 1982).

Das Verhalten einer Reptilienart ist das entscheidende Werkzeug mit dem sie thermoreguliert (BARTHOLOMEW 1982). Dabei müssen Arten sich aufheizen und kühlen können bzw. diese beiden Vorgänge kontrollieren. Um diese Vorgänge durchzuführen, muss das Habitat einer heliothermen Art Strukturen bieten, die erstens Wärme akkumulieren (z.B. exponiertes Gestein) und zweitens ein Herunterkühlen (z.B. Schatten oder der Erdboden) ermöglichen. Primäre externe Energiequelle für Wärme, für fast alle oberflächlich lebenden heliothermen Eidechsenarten, ist die Sonne. Durch eine Ausrichtung des Körpers, Oberflächenvergrößerung im Winkel zur Sonne oder Veränderung der Pigmentierung, kann die Menge an aufgenommener Strahlungsenergie maximiert und durch die Wahl Wärme akkumulierender Mikrohabitatstrukturen die Aufheizung beschleunigt werden. Dabei können Reptilien auch nach Körperteilen differenzieren, die zuerst erwärmt werden, z. B. erst den Kopf und dann die Extremitäten (Regional Heterothermy, BARTHOLOMEW 1982). Die Aufheizung erfolgt bei den meisten Arten schneller als die Abkühlung (BARTHOLOMEW & TUCKER 1964; CRISP et al. 1979; POUGH et al. 2001). Dies ist vorteilhaft für Arten gemäßigter Breiten und großer Höhen, die dadurch ihre Aktivitätstemperaturen auch nach Sonnenuntergang beibehalten können und somit physiologische Aktivitäten ausdehnen (REGAL 1967, SEEBACHER & SHINE 2004). Sie ist aber auch problematisch in Hitzeperioden, in denen eine Überhitzung vermieden werden muss und geeignete Strukturen zum Herunterkühlen mit dem Anstieg der Lufttemperaturen reduziert werden. Einige Arten zeigen dann ein zweiphasiges (bimodales) Aktivitätsverhalten verbunden mit einem Rückzug ins Erdreich, wie dies z.B. lacertide Eidechsen der Gattung *Aporosaura* zeigen. Diese leben vornehmlich auf Flugsanddünen, die keine ausreichenden Schattenstrukturen bieten. Deswegen graben sich diese Eidechsen zum Hehrunterkühlen in den Sand (LOUW & HOLM 1972). Auch bei der Westlichen Smaragdeidechse sind Verhaltensanpassungen zum Herunterkühlen dokumentiert worden, wie z.B. das Aufsuchen hoher Bäume oder ein bimodales Verhalten zur Mittagszeit („Siesta“, RYKENA et al. 1996a). Die Relevanz dieser Verhaltensweisen ist für das Mittelrheingebiet kontrovers diskutiert worden. Hier wurde die Auffassung vertreten, dass das Verschwinden von Tieren in den Mittagsstunden in Hitzeperioden auf bimodales Verhalten zurückzuführen ist. Dieses Verschwinden könnte jedoch auch durch methodische Defizite der Beobachtungsanalyse zu erklären sein (BÖKER 1987; SOUND 1997; ELBING 2001).

Thermoregulation kostet Zeit. Je mehr Zeit benötigt wird, Schwellenwerttemperaturen zu erreichen bzw. diese zu halten, desto weniger Zeit bleibt Arten zur Umsetzung ihrer Tages- bzw. Jahresaktivität. Dieser Faktor potenziert sich für Arten großer Höhen oder einer Verbreitungsnähe hin zu den Polkappen, da sich auch die Perioden optimaler

Umgebungstemperaturen reduzieren bzw. instabiler werden. Bei europäischen lacertiden Eidechsen konnte eine Zunahme der thermoregulatorischen Aktivitäten mit der Nähe der Populationen zum Nordpol festgestellt werden (AVERY 1976, 1979). Dieser Faktor ist von entscheidender Bedeutung für große Arten. Der Zeitfaktor steigt mit der Größe der Reptilienarten, um ihre Aktivitäts- oder Schwellenwerttemperaturen zu erreichen. Mit zunehmender Körpergröße sinkt auch die Fähigkeit, diese Temperaturen konstant zu halten. Dementsprechend kommt der Struktur des Habitats in Bezug zur Körpergewichtszunahme hierbei eine proportional größer werdende Bedeutung zu (SEEBACHER & SHINE 2004). Im Untersuchungsgebiet könnte dieser Faktor einen kritischen Wert erreichen, der sich entscheidend für das Überleben der Population auswirkt.

Bei der Betrachtung der Körpertemperaturen, die eine heliotherme Eidechsenart einnimmt, ist die Einteilung verschiedener Kategorien oder Wertegruppen von zentraler Bedeutung bei der spezifischen Thermoregulation (POUGH & GANS 1982). Ektotherme Organismen regulieren ihre Körpertemperatur entweder um einen zentralen Wert oder um eine untere und eine obere Schwelle. Es konnte gezeigt werden, dass das thermoregulatorische Verhalten des Hypothalamus als zentralen Ort im Gehirn kontrolliert wird (POUGH et al. 2001). Durch Venen gelangt vom Herzen Blut direkt an den Hypothalamus, der sofort reagiert, wenn die Körpertemperatur unter oder über den Schwellenwert fällt respektive steigt. Dann lösen kälte- oder hitzesensitive Neuronen Verhaltensänderungen, wie z.B. Sonnenbaden bzw. Bewegungen in den Schatten, aus. Dies führt dazu, dass einige Arten 2 bis 3°C um einen Schwellenwert in ihrer Thermoregulation variieren (HERTZ et al. 1993). Diese sensitiven Neuronen sind mit peripheren Temperaturrezeptoren gekoppelt, die auch bei der Smaragdeidechse identifiziert werden konnten und nahe legen, dass die Art sensitiv auf äußere Temperaturveränderungen reagieren kann und dass Regelkreisläufe in Bezug auf die Körpertemperatur auch bei dieser Art existieren (BAILEY 1969). Die Schwellenwerte sind nicht fixiert. Saisonale und geschlechtsspezifische Variationen, aber auch diurnale Variationen sind möglich.

Bestimmte Aktivitäten antizipieren positive Änderungen der Körpertemperatur (POUGH et al. 2001). Aktivitäten, wie z.B. Fressen oder Eireifung bzw. Embryonalentwicklung, können zu reduzierter Schnelligkeit und zu einem erhöhten Prädationsrisiko führen (CHARLAND 1995). Beim Fressen können aktiv höhere Körpertemperaturen auftreten, was den Vorteil in sich birgt, dass die Zeit reduzierter Aktivität verkürzt wird, Aktivitätszeit nicht vergeudet wird und das Auftreten anaerober Prozesse mit potentiell letalen Folgen verhindert werden (REGAL 1967; NAULLEAU 1986; BLOUIN DEMERS & WEATHERHEAD 2001). Auch bei trächtigen Weibchen einiger Arten konnten höhere Körpertemperaturen als bei nicht trächtigen Tieren nachgewiesen werden (CHARLAND 1995; GALLIARD et al. 2003), was als Verhaltensfieber gedeutet wurde, welches die Überlebensrate steigert. Auch das Laufverhalten ist mit der

Körpertemperatur korreliert. Je höher diese ist, desto aktiver sind Eidechsen und laufen weitere Strecken (AVERY & BOND 1989; ANGUILLETTA et al. 2002; ZANG & JI 2004). Selbst innerhalb von Ruhephasen können Temperatursteigerungen auftreten (PATTERSON & DAVIES 1989).

Die Thermoregulation in der Familie der Lacertiden Eidechsen gilt als relativ unspezialisiert (AVERY 1982). Gut untersucht wurden die Arten *Lacerta agilis*, *Podarcis muralis* und *Zootoca (Lacerta) vivipara* (SPELLERBERG 1974, 1976; SVEEGAARD & HANSEN 1976; TERYSHNIKOV 1976; PATTERSON & DAVIES 1978; HEULIN 1987; TOSINI et al. 1995; TOSINI & AVERY 1996a,b; le GALLIARD et al. 2003), aber auch Arten der Smaragdeidechengruppe (SPELLERBERG 1976, RISMILLER & HELDMEIER 1982). Demnach gehören diese zu einer Artengruppe, deren Aktivitätstemperaturen zwischen 30-32° liegen (*Lacerta vivipara* & *Lacerta agilis*, AVERY 1982). Laborversuche an *Lacerta bilineata* (RISMILLER & HELDMEIER 1982, 1988) haben gezeigt, dass die Körpertemperatur der Art Schwankungen unterliegt (Details s. 7.2). Diese ist korreliert mit der Photoperiode, was nicht nur Auswirkungen auf die Schwellenwerttemperatur (HBST, High Body Set Temperature Point), sondern auch auf die Ruhetemperaturen (LBST, Low Body Set Temperature Point) hat. Erklärt werden diese Schwankungen mit saisonalen Aktivitätsunterschieden und der Verlängerung der Photoperiode (ELBING 2001). Freilanduntersuchungen zur Aktivität im Verhältnis zu den Lufttemperaturen postulierten ein bimodales Verhalten mit Ruhephasen im Hochsommer, was jedoch kontrovers diskutiert worden ist (BÖKER 1987; SOUND 1997; ELBING 2001). Freilanduntersuchungen zum Thermoregulationsverhalten fehlen für das gesamte Verbreitungsgebiet (ELBING 2001).

Ziel dieses Abschnittes ist es die Thermoregulation der Art unter Freilandbedingungen am Nordrand des Verbreitungsareals zu analysieren, um Verhaltensstrategien zu detektieren, mit denen die Jahresaktivität bewältigt wird und auch Verhaltenseigenheiten im Verhältnis zu dem in der Literatur postulierten Thermoregulationsverhalten aufzuzeigen. Dabei sollen zum einen die Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen herausgearbeitet werden und zum anderen sollen die saisonalen Unterschiede in den Veränderungen der Körpertemperaturen beleuchtet werden. Außerdem soll der Einfluss der Mikrohabitatstrukturen bzw. die Anlehnung der Entwicklung der Körpertemperaturen am Verlauf der Temperaturentwicklungen selektiver Mikrohabitatstrukturen analysiert werden. Unterschiede in der saisonalen Aktivitätsneigung der Geschlechter sollen herausgearbeitet werden, um zu zeigen in welcher Differenzierung die Art eine physiologische Anpassung betreibt und welche Bedeutung diese haben könnte für das Überleben am Nordrand des Verbreitungsareals.

7.2 Methode

Die Erhebung der Daten zur Thermoregulation habe ich in den Jahren 1999 und 2000 mittels Radiotelemetrie durchgeführt. Die Körpertemperaturen wurden mittels temperatursensitiven Telemetriesendern (SOPT 2070) der Firma Wildlife Electronics mit einer maximalen Laufzeit von vier Monaten durchgeführt (Messfehler $\pm 1^\circ\text{C}$). Alle Sender wurden vor der Implantation individuell calibriert und die Messwerte polynomial angepasst (Abb. 30).

In die Untersuchung gingen die Ergebnisse der Messungen bei sechs Tieren ein (3 ♂ und 3 ♀). Im Jahr 1999 wurden vier Tiere untersucht und im Jahr 2000 zwei Tiere. Dabei wurden Tiere in Zeitabschnitten, insgesamt 47 Tage telemetriert. Vom 25.04.-14.07.1999 wurden Datenwerte an 33 Tagen gesammelt. Vom 20.07 – 27.07.1999 erfolgte eine durchgängige Datenerfassung während der Photophase und stichprobenartig auch während der Scotophase. Im Jahr 2000 wurden in folgenden Zeitblöcken Tagestemperaturdaten gesammelt: 09-11.04.00, 01-02.05.00, 07-10.05.00 und 05-07.06.00.

Im Zeitraum vom 20-27.07.99 und in allen Zeitblöcken im Jahr 2000 wurden die Tiere von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang täglich in einer Taktfrequenz von 10 Minuten erfasst, ansonsten erfolgte die Erfassung halbstündig. In allen übrigen Zeitblöcken erfolgte eine halbstündliche Erfassung

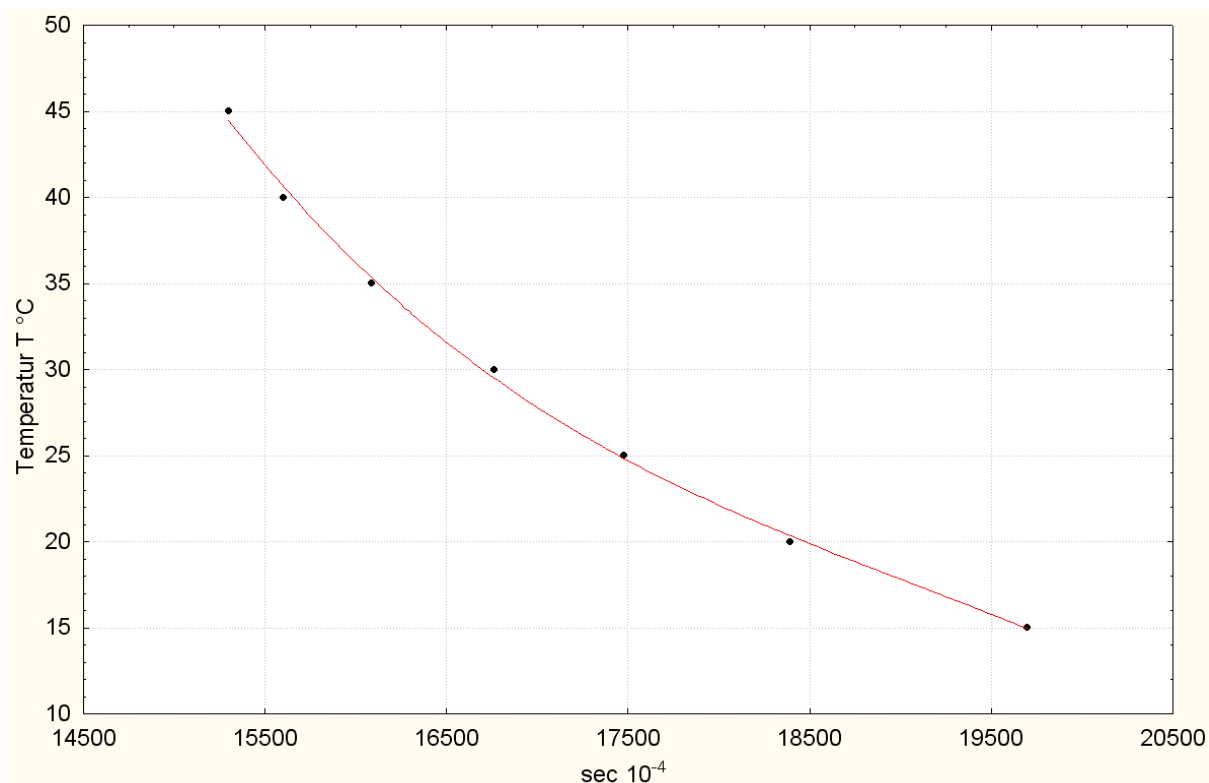


Abb. 30: Calibrierkurve des thermosensitiven Senders von Männchen Nr.26 (MHZ 151.008) mit polynomiale Anpassung ($Y=1638,8605-0,2474 \cdot x+1,2781 \cdot 10^{-5} \cdot x^2-2,2378 \cdot 10^{-10} \cdot x^3$; $R^2=0,923$) der Eichwerte

Parallel zur Erhebung der Messwerte bei den Tieren wurde auch die generelle Aktivität, die Laufstrecken, die aktuelle Habitatstruktur und das Verhalten der Tiere erfasst und kategorisiert. Die generelle Bewegungsaktivität wurde in Bezug zu der Aktivität der letzten Erfassung eines Tieres betrachtet und mit inaktiv (0) oder aktiv (1) bewertet. Bei den Laufstrecken erfolgte auch eine Erfassung der absoluten Laufstrecke in Bezug zu der letzten Erfassung des Tieres.

Die Temperaturwerte der Mikrohabitatstrukturen wurden exemplarisch in den Strukturen Loch (20cm Tiefe), Heizstruktur (Steine, Moospolster), niedriges Gestrüpp/Gras, Hohes Gestrüpp/Wald und Heide mittels automatischer Datalogger gemessen. Dabei wurden repräsentative Strukturen verwendet, die häufig von der Art in der jeweiligen Aktivitätsperiode aufgesucht wurden.

Die Körpertemperaturen wurden in die mittlere Körpertemperatur (T_b), die Schwellenwerttemperatur (HBST, High Body Set Temperature Point) und die Ruhetemperatur (LBST, Low Body Set Temperature Point) unterteilt. Die mittlere Körpertemperatur (T_b) errechnet sich aus dem Durchschnitt aller gemessenen Körpertemperaturen während der Aktivität der Tiere in der Photoperiode. Die Schwellenwerttemperatur (HBST) errechnet sich aus dem Durchschnitt aller Temperaturen oberhalb der durchschnittlichen Körpertemperatur (T_b). Die Ruhetemperatur (LBST) errechnet sich aus dem Durchschnitt aller Temperaturen unterhalb der durchschnittlichen Körpertemperatur (T_b) (WITHERS 1992; POUGH et al. 2001).

Die statistische Analyse des Vergleichs der Temperaturwerteentwicklung erfolgte mit dem Wilcoxon-Test für gepaarte nicht normal verteilte Stichproben. Der Varianzhomogenitätstest wurde mit dem Levene Test und dem Browne-Forsythe Test durchgeführt. Da Autokorrelationen zu scheinbar hochsignifikanten Ergebnissen führen, wird nachfolgend als Signifikanzniveau 5% angegeben, auch wenn die berechneten Werte oft deutlich darunter liegen. Der Vergleich der Temperaturentwicklungen der Mikrohabitatstrukturen mit den Körpertemperaturen der Tiere und deren Aktivitätsparameter wurde mit einem Spearman Rangkorrelationstest analysiert. Der Vergleich der generellen Bewegungsaktivität mit den Körpertemperaturen (T_b) wurde mittels logistischer Regression ermittelt.

7.3. Ergebnisse

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse müssen im Kontext der witterungsbedingten Situation der beiden Untersuchungsjahre betrachtet werden

7.3.1 Thermoregulation weiblicher und männlicher Tiere

Das Aktivitätsverhalten der Tiere war in beiden Untersuchungsjahren einphasig (unimodal). Nachfolgend soll der exemplarisch repräsentative Verlauf der Aktivität an einem wolkenlosen Tag dargestellt werden (Abb. 31).

Bei Sonnenaufgang verließen die Tiere ihre Nachtverstecke und konnten dann sonnenbadend auf einer Heizstruktur (Moospolster, Stein oder verdichtete Vegetation) angetroffen werden. Dabei wurden immer Heizstrukturen in direkter Nähe zum Nachtversteck benutzt (<1m). Für beide Geschlechter konnte eine Aufheizzeit von 15-30min Dauer bei wolkenlosem Himmel je nach Lufttemperatur bei Sonnenaufgang festgestellt werden. Nach dem Erreichen der Schwellenwerttemperatur waren die Tiere in hoher Vegetation aktiv, dabei wechselten aktive Bewegungsphasen mit inaktiven Phasen. In der Zeit zwischen 12.00 und 16.00 Uhr konnten die Tiere im Hochsommer bei wolkenlosen Bedingungen (Juni und Juli) in hohen Gestrüppstrukturen oder Wald angetroffen werden. In diesen konnten sowohl aktive als auch inaktive Phasen beobachtet werden. In den hohen Gebüschstrukturen oder Wald konnten die Tiere in den Monaten April und Mai, unabhängig von der Wetterlage, nicht beobachtet werden. Das Aufsuchen von Bäumen zur Kühlung konnte nur einmal am 17.06.1999 zwischen 12.30 und 13.30 Uhr bei Lufttemperaturen von 24,5°C bis 25,8°C von einem Männchen (Nr.11) beobachtet werden. Ein Aufsuchen von Verstecken im Erdreich, also ein bimodales Verhalten, konnte zu keinem Zeitpunkt dokumentiert werden. Dabei wurde in den untersuchten Zeiträumen eine maximale Lufttemperatur von 34,2°C erreicht. In den späten Nachmittagsstunden (16.00-18.00Uhr) konnten die Tiere an wolkenlosen Tagen wieder sonnenbadend angetroffen werden. Alle Tiere suchten mit Sonnenuntergang, unabhängig von der Außentemperatur, die Nachtverstecke auf. Je nach Entwicklung der Wetterlage und des Bewölkungsgrads verschoben sich diese Aktivitätsphasen. Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen in diesem generellen Verhalten konnten nicht registriert werden.

In die Auswertung der Temperaturdaten wurden nur während der Tagesaktivität gewonnene Messwerte kompletter Messtage von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang einbezogen. Die Verteilung der gemessenen Temperaturwerte zeigt, dass die Männchen während der Sommeraktivitätsperiode in den Monaten von April bis Juli durchschnittliche Körpertemperaturen von 30,4°C aufweisen bei Höchstwerten von 39,8°C, Minimumwerten von 8,09°C und einer Varianz von 65,4 (Tab. 23). Diese Minimumwerte wurden alle beim Austritt der Tiere aus dem Nachtversteck bzw. kurz danach registriert oder an Tagen an denen die Tiere vor den Nachtverstecken lagen, aber aufgrund von Bewölkung nicht ihre

Schwellenwerttemperaturen erreichten. Die Verteilung der Temperaturwerte ist bei beiden Geschlechtern zweigipfelig (Abb. 33 & Abb. 34). Oberhalb des Mittelwertes schwanken die Temperaturen um einen Aktivitätsschwellenwert (HBST) und unterhalb um den Ruhetemperaturwert (LBST). Damit haben beide Geschlechter nur einen Schwellenwert der Aktivitätstemperatur (HBST) und keinen oberen oder unteren Schwellenwert (Upper and Lower HBST) bzw. eine Temperaturspanne zwischen beiden Werten. Das heißt, dass hier eine zweigipfelige Verteilung vorliegt und keine dreigipfelige.

Der Temperaturverlauf der Körpertemperaturen (T_b) im Tagesgang zeigt, dass die Männchen innerhalb von 15-30 Minuten nach einer Aufheizphase auf einer Heizstruktur Temperaturwerte erreichen, die um den Aktivitätsschwellenwert variieren ($34,6^{\circ}\text{C}$, (HBST), nach WITHERS 1992, POUGH et al. 2001). Die Varianz um den Schwellenwert beträgt 2,66. Mit Beendigung der Tagesaktivität und dem Aufsuchen der Nachtverstecke fallen die Körpertemperaturen moderat bis sie nahezu das Temperaturmilieu der Nachtverstecke erreichen. Die durchschnittliche Ruhetemperatur (LBST) beträgt $19,6^{\circ}\text{C}$ bei einer Varianz von 29,5 (Abb. 32).

Die durchschnittlichen Körpertemperaturen der Weibchen liegen mit $30,9^{\circ}\text{C}$ um $0,4^{\circ}\text{C}$ höher als die der männlichen Tiere mit einer Varianz von 62,2 (Tab. 23). Auch der Median des Aktivitätsschwellenwertes liegt mit $34,9^{\circ}\text{C}$ um $0,4^{\circ}\text{C}$ höher als bei den Männchen. Dies gilt ebenfalls für die durchschnittliche Ruhetemperatur, die um $1,9^{\circ}\text{C}$ höher liegt ($21,5^{\circ}\text{C}$) als bei den Männchen. Bei der Betrachtung des Temperaturverlaufs im Tagesgang zeigt sich ein ähnliches Muster wie bei den männlichen Tieren mit einem schnellen Anstieg der Körpertemperatur bis hin zum Aktivitätsschwellenwert, einer Schwankung um diesen Wert im Tagesgang und einem moderaten Abfall der Temperaturwerte nach Beendigung der Tagesaktivität (Abb. 31).

Auffallend sind die relativ hohen Ruhetemperaturwerte bei beiden Geschlechtern. In Relation zu den gemessenen Werten in einem beispielhaften Tagesversteck am 18.05.1999 (7:00 Uhr) betrug die Differenz zwischen der gemessenen Körpertemperatur eines Männchens zum Loch $4,6^{\circ}\text{C}$, und beim parallel telemetrierten Wert eines Weibchens konnte eine positive Differenz von $1,9^{\circ}\text{C}$ ermittelt werden.

Die Körpertemperaturwerte der beiden Geschlechter sind unterschiedlich. Dies gilt auch für die Ruhetemperaturen und den Vergleich der Schwellenwerttemperaturen beider Geschlechter (Tab. 24).

Tab. 23: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte aller Männchen (M Ges. T_b °C), aller Weibchen (W Ges. T_b °C), des Temperaturschwellenwertes (HBST) und der Ruhetemperatur (LBST)

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
M Ges. T_b°C	1544	30,4	8,1	39,8	65,5
HBST	772	34,6	30,5	39,8	2,6
LBST	772	19,6	8,1	30,4	29,5
W Ges. T_b°C	1685	30,9	10,1	43,4	62,2
HBST	844	34,9	30,9	43,4	5,9
LBST	841	21,5	10,1	30,9	27,3

Tab. 24: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Gesamtwerte Körpertemperaturen von Männchen und Weibchen in Bezug auf die Mittelwerte (M. T_b °C & W. T_b °C), den Ruhetemperaturwerten (LBST) und den Schwellenwerttemperaturen (HBST)

	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
M T_b°C	1400	342442,0	9,77	0,05	6,22	3227	0,01	2,71	3227	0,09
W T_b°C	784	96100,00	9,10	0,05	16,51	1899	0,05	13,22	1899	0,05
LBST	265	2194,00	12,35	0,05	311,41	1041	0,05	308,21	1041	0,05

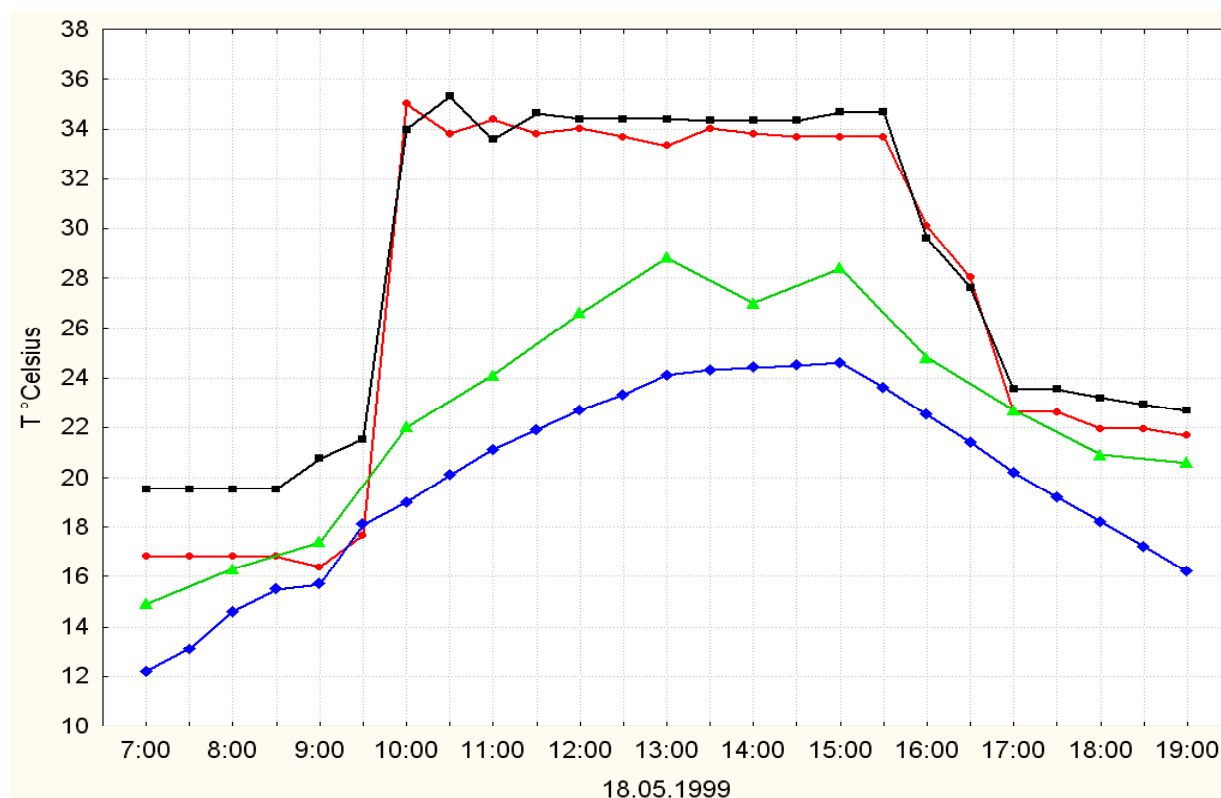


Abb. 31: Exemplarischer repräsentativer Tages Temperaturverlauf eines Männchens (schwarze Linie) und eines Weibchens (rote Linie) im Vergleich zur Entwicklung der Lufttemperatur (blaue Linie) und der Nachtverstecktemperatur (grüne Linie) zwischen 7.00Uhr und 19.00Uhr

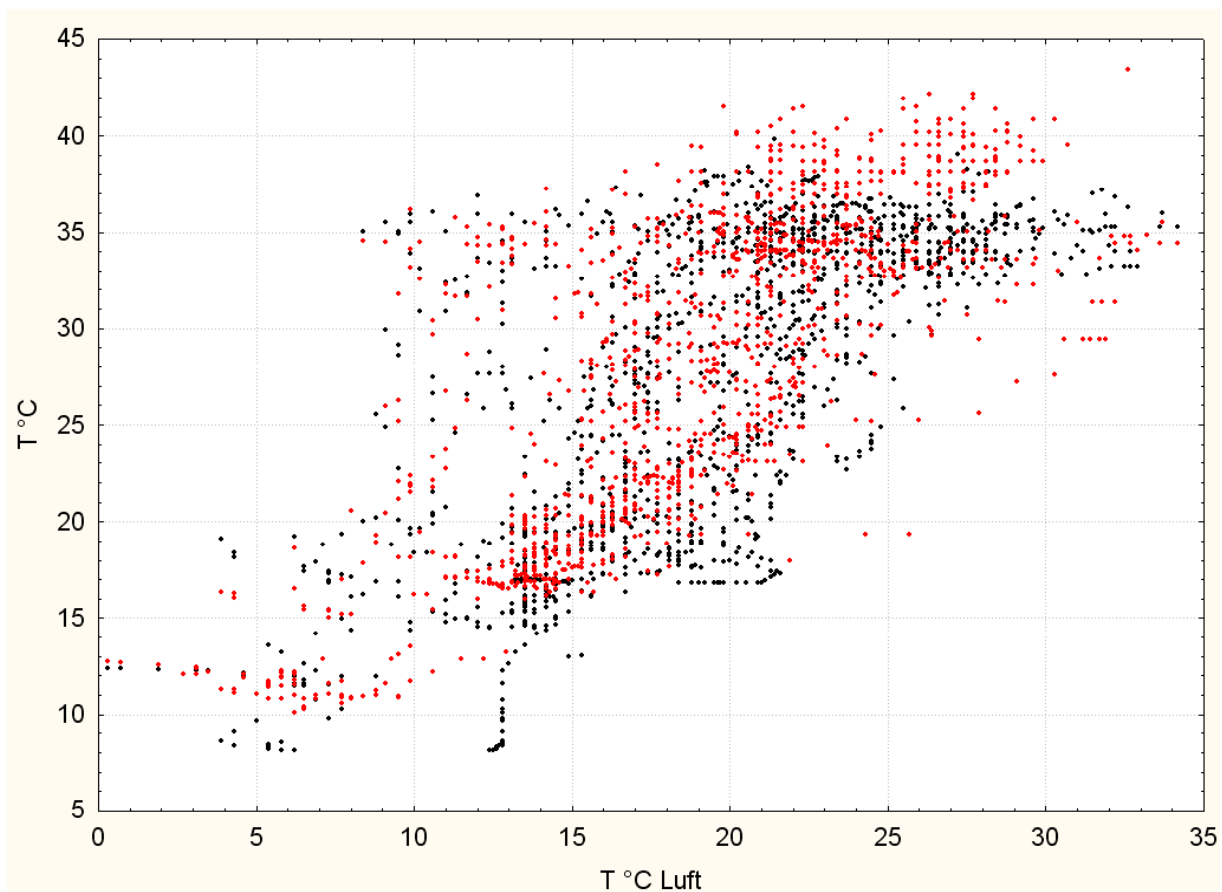


Abb. 32: Scatterplot der gemessenen Temperaturwerte der Männchen (schwarze Punkte) und der Weibchen (rote Punkte) im Verhältnis zu den jeweiligen Lufttemperaturwerten; $n = 3229$

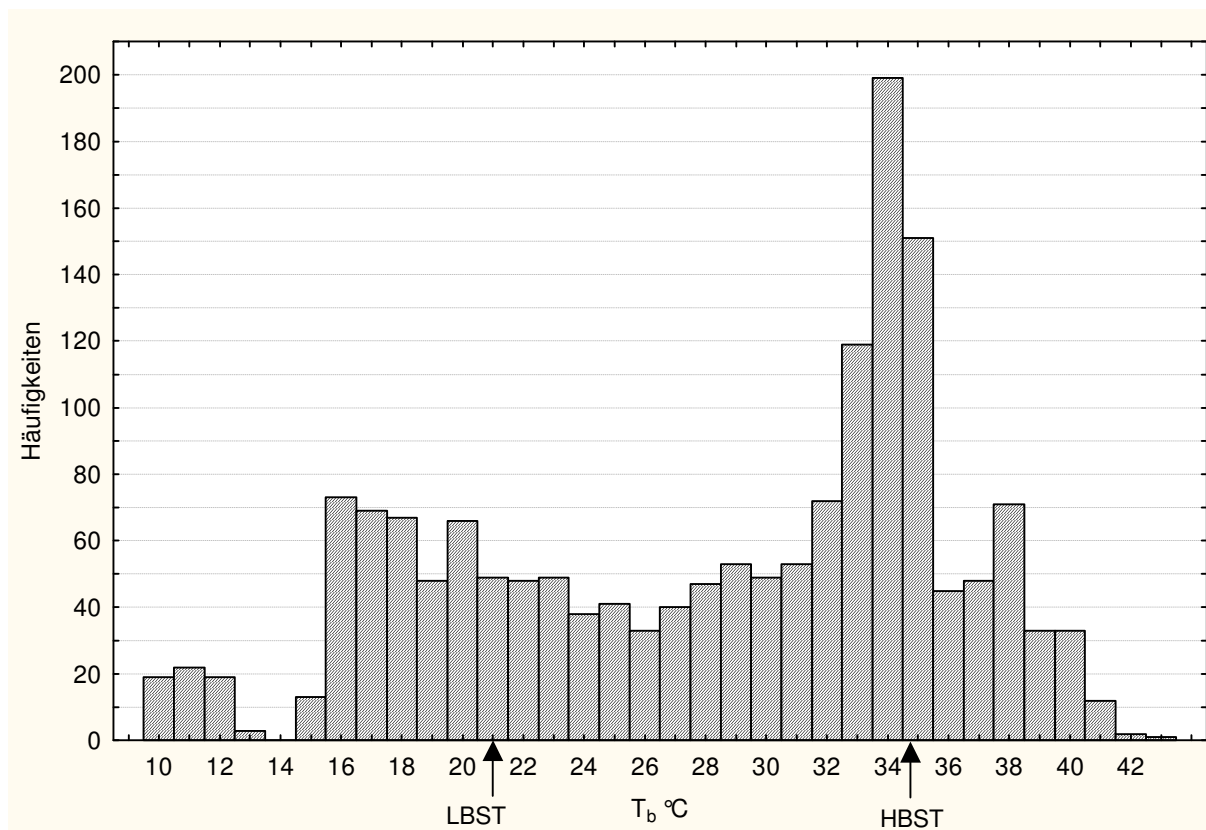


Abb. 33: Histogramm der Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte der Weibchen, $n = 1685$; $\bar{x} 30,9^{\circ}\text{C}$; HBST $34,9^{\circ}\text{C}$; LBST $21,5^{\circ}\text{C}$

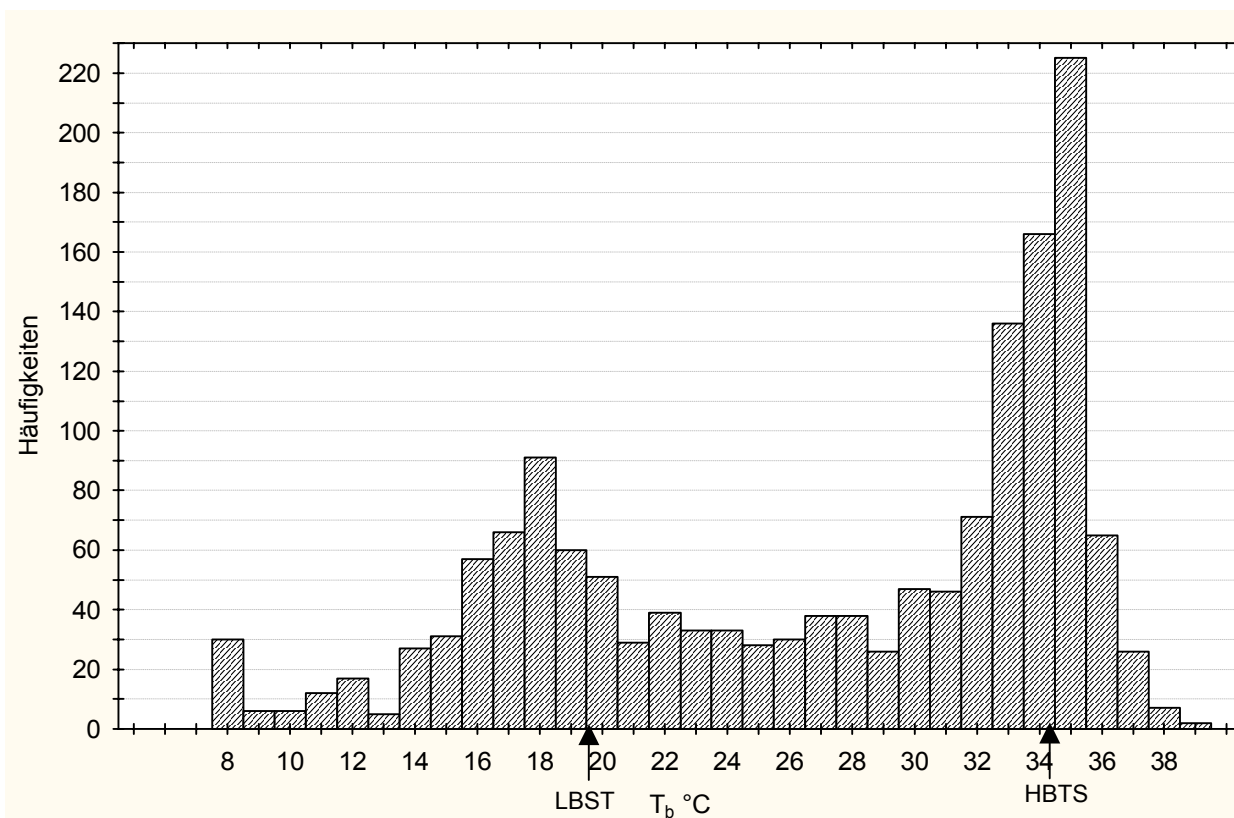


Abb. 34: Histogramm der Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte der Männchen, n = 1544; $\bar{x}$ 30,4°C; HBST 34,6°C; LBST 19,6°C

7.3.2 Saisonale Fluktuationen

Männchen und Weibchen der Art wurden in den Monaten April, Mai, Juni und Juli untersucht. Nachfolgend sollen die Ergebnisse der Analyse der Körpertemperaturen für die jeweiligen Monate im Vergleich zwischen Männchen und Weibchen dargestellt werden. Eine Zusammenfassung aller relevanten Daten ist in Tab. 25 zu finden. Demnach steigen die durchschnittlichen Körpertemperaturen der Männchen (MT_b) von 19,6°C im April bis auf 34,7°C im Juni und fallen dann auf 30,9°C im Juli. Der Anstieg wirkt extremer bei der Betrachtung der Schwellenwerttemperatur (MT_b HBST), welche im April bei 31,7°C liegt und bis Juni auf 35,6°C ansteigt, um dann im Juli auf 34,1°C abzufallen (Tab. 25). Die Durchschnittsruhetemperatur (MT_b LBST) steigt deutlich von 12,9°C im April auf 29,5°C im Juni an. Ebenso wie bei den Männchen steigen bei den Weibchen die durchschnittlichen Körpertemperaturen (WT_b) von April bis Juni an, dieser Anstieg fällt mit 18,4°C im April bis auf 31,3°C im Juni moderater als bei den Männchen aus. Im Juli steigt der Wert auf 31,65°C. Auch die Betrachtung der Schwellenwerttemperatur (WT_b HBST) zeigt bei den Weibchen ein anderes Bild als bei den Männchen. Diese steigt bei den Weibchen von 31,8°C im April bis in den Juli auf 37,5°C an, mit Ausnahme des Wertes im Juni, der um 0,6°C gegenüber dem Maiwert auf 34,0°C abfällt. Dies steht im Gegensatz zu den untersuchten Männchen bei denen zu diesem Zeitpunkt die Schwellenwerttemperatur (MT_b HBST) wieder gesunken war. Die Durchschnittsruhetemperatur (WT_b LBST) der Weibchen steigt von 12,1°C im April auf ein

Maximum von durchschnittlich 24,4°C im Juni an, um dann im Juli wieder einen Wert von 21,9°C zu erreichen. Damit zeigt die Entwicklung der Schwellenwerttemperaturen von Männchen und Weibchen eine divergente Entwicklung vom Frühjahr bis in den Hochsommer. Die Männchen erreichen die höchsten Temperaturwerte im Juni, die Weibchen jedoch erst im Juli (Tab. 25).

Die Betrachtung der Einzelwerte zeigt, dass die Temperaturen (T_b) von über 40°C nur von den Weibchen erreicht werden und zwar ausschließlich bei Messungen im Juli. Bei 48 Messungen wurde diese Temperaturmarke bis zu einem Wert von 43,4°C überschritten. Die untersuchten Männchen erreichten maximale Körpertemperaturen von 39,8°C. Dieser Wert wurde im Mai erreicht. Im Juli liegt die maximal erreichte Körpertemperatur der Männchen um 6,3°C unter der der Weibchen. Am 25.07.99 um 14.40 wurde bei einem Weibchen der Spitzenwert von 43,4°C respektive 36,3°C bei einem Männchen gemessen.

Tab. 25: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Entwicklung der Körperdurchschnittstemperaturen und der Veränderungen im LBST und HBST beider Geschlechter

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
MT_b April	166	19,6	8,0	36,8	89,1
MT _b LBST	82	12,2	8,0	19,3	12,8
MT _b HBST	84	31,7	19,6	36,8	30,7
WT_b April	173	18,4	10,1	37,2	88,4
W LBST	86	12,1	10,1	18,2	6,5
W HBST	87	31,8	18,4	37,2	33,6
MT_b Mai	407	30,8	8,0	39,8	79,3
MT _b LBST	203	18,6	8,0	30,7	39,7
MT _b HBST	204	35,2	30,8	39,8	2,4
WT_b Mai	532	32,1	12,8	36,5	48,6
W LBST	266	23,1	12,8	32,1	31,4
W HBST	266	34,5	32,1	36,6	0,9
MT_b Juni	137	34,7	19,3	39,0	24,3
MT _b LBST	68	29,5	19,3	34,7	21,1
MT _b HBST	69	35,6	34,7	39,0	0,6
WT_b Juni	272	31,9	17,2	37,4	33,3
WT _b LBST	136	24,4	17,2	31,8	20,3
WT _b HBST	136	34,0	31,9	37,4	1,6
MT_b Juli	817	30,9	14,4	37,0	48,6
MT _b LBST	408	20,9	14,4	30,9	21,0
MT _b HBST	409	34,0	30,9	37,0	1,6
WT_b Juli	691	31,6	15,9	43,4	61,9
WT _b LBST	344	21,9	15,9	31,4	18,3
WT _b HBST	347	37,4	31,6	43,4	6,7

Der statistische Vergleich der durchschnittlichen Körpertemperaturen zwischen Männchen und Weibchen im Verlauf der Untersuchungsperiode zeigt erst in den Monaten Juni und Juli eine signifikante Divergenz (Tab. 26). Diese wird bei der durchschnittlichen Schwellenwerttemperatur (HBST) schon ab Mai erreicht. Bei den Ruhetemperaturwerten (LBST) kann erst im Juli eine signifikante Differenz zwischen Männchen und Weibchen festgestellt werden. Der Vergleich der Varianzen der Temperaturen zeigt, dass bei den Männchen im April eine signifikant höhere Schwankung der Ruhetemperaturwerte (LBST) als bei den Weibchen auftritt. Im Mai zeigen die Männchen in den durchschnittlichen Körpertemperaturen (MT_b) und bei den Ruhetemperaturen höhere Schwankungen als die Weibchen. Bei der Schwellenwerttemperatur (HBST) zeigen die Weibchen in diesem Monat signifikant höhere Schwankungen. Im Juni können bei beiden Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede in den Varianzen der Ruhetemperaturwerte (LBST) und der Schwellentemperaturwerte (HBST) festgestellt werden. Im Juli schwanken die Schwellentemperaturwerte (HBST) der Weibchen signifikant stärker als die der Männchen. Bei den Ruhetemperaturwerten (LBST) sind keine signifikanten Differenzen erkennbar (Tab. 26).

Tab 26: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b), der Ruhetemperaturwerte (LBST) und der Schwellentemperaturwerte (HBST) in den vier Untersuchungsmonaten; signifikante Werte wurden Fett markiert

	N	T	Z	P<	Levene	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
MT_b & WT_b °C April	162	6165,00	0,72	0,46	0,017	337	0,89	0,009	337	0,92
LBST	85	1592,00	1,031	0,30	11,30	168	0,05	8,84	168	0,05
HBST	63	904,00	0,71	0,47	0,012	124	0,91	0,05	124	0,81
MT_b & WT_b °C Mai	395	36893,00	0,97	0,32	72,95	937	0,05	37,59	937	0,05
LBST	123	3354,00	1,15	0,24	19,99	244	0,05	25,68	244	0,05
HBST	174	3014,00	6,91	0,05	110,73	346	0,05	37,95	346	0,05
MT_b & WT_b °C Juni	137	2361,00	5,08	0,05	10,07	407	0,05	6,01	407	0,05
LBST	31	188,00	1,17	0,23	0,57	60	0,44	0,27	60	0,59
HBST	85	150,00	7,35	0,05	3,19	168	0,07	2,91	168	0,09
MT_b & WT_b °C Juli	689	30518,00	16,90	0,05	21,69	1506	0,05	17,44	1506	0,05
LBST	285	5689,00	10,54	0,05	0,21	568	0,63	0,13	568	0,71
HBST	342	2803,00	14,49	0,05	86,75	682	0,05	68,58	682	0,05

7.3.3 Thermoregulation im Vergleich zum Mikroklima von Habitatstrukturen

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse wurden aus allen Untersuchungsmonaten gepoolt. Die Westliche Smaragdeidechse bewegt sich im Tagesgang ihrer Aktivität innerhalb eines komplexen Systems von Habitatstrukturen (s. Kap. 8). Diese beinhalten unterschiedliche Temperaturprofile, die je nach Aktivitätsphase und vorhandener physiologischer Defizite differenziert von der Art genutzt werden. Der exemplarisch repräsentative Verlauf des Tagesgangs der Temperaturentwicklung der Aktivität im Untersuchungszeitraum an einem wolkenlosen Tag im Verhältnis zu der Temperaturentwicklung der Mikrohabitatstrukturen ist in Abb. 35 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Art trotz unterschiedlicher Entwicklung der Mikrohabitattemperaturen im Tagesgang stabile Körpertemperaturen T_b um den jeweiligen HBST halten können. Nach dem Verlassen der Nachtverstecke werden leicht erwärmbare Heizflächen (Moospolster oder Steine) aufgesucht. Diese werden mit dem Erreichen des Körpertemperaturschwellenwertes (HBST) verlassen und Aktivitäten wie Jagd oder unspezifisches Laufverhalten in Gestrüppstrukturen durchgeführt. Bei hohen Lufttemperaturen über 30°C werden hohe Gebüschräume oder waldartige Strukturen aufgesucht. Die Tiere suchen die Nachtverstecke mit dem Ende der direkten Insolation auf der jeweils besiedelten Fläche auf. In diesen sinken die Körpertemperaturen im Laufe der Nacht auf das Niveau des jeweiligen Verstecks bis zum Tiefpunkt kurz vor Sonnenaufgang, wobei die Nachtverstecke zu diesem Zeitpunkt die höchsten Temperaturen aller untersuchten Mikrohabitatstrukturen aufweisen.

Die Mikrohabitatstrukturen weisen zueinander und zur Lufttemperatur extrem heterogene Temperaturentwicklungen im Tagesverlauf auf (Tab. 27). Während Heizstrukturen und Heideflächen sich z.T. sehr stark erwärmen können (Heizstruktur bis 62°C und Heide bis 55°C in allen untersuchten Zeitblöcken) zeigen andere Strukturen, wie z.B. niedriges Gestrüpp/Grass (bis zu 49,4°C in allen untersuchten Zeitblöcken) und hohes Gebüsch/Wald (bis zu 29°C in allen untersuchten Zeitblöcken) gemilderte Entwicklungen auf. Dies spiegelt sich auch in den Varianzen wieder, die die extremen Temperaturschwankungen in der Heizstruktur bzw. in der Heide veranschaulichen. Deutlich wird vor allem der Unterschied zwischen dem niedrigen Gestrüpp/Grass und dem hohem Gebüsch/Wald. Der höchste gemessene Temperaturwert wurde am 27.07.99 um 14.30 mit 49,4°C in dieser Habitatstruktur gemessen, während gleichzeitig in hohem Gebüsch/Wald 25,9°C bei einer Lufttemperatur von 27°C gemessen wurden. Gegenüber der Luft zeigte die Struktur hohes Gebüsch/Wald signifikant niedrigere Temperaturen und die geringste Varianz aller untersuchten Habitatstrukturen (Tab. 28), wobei die Signifikanz hier am schwächsten ausgeprägt war. Die Habitatstruktur Loch weist nach dem hohen Gestrüpp die niedrigste Varianz auf, was auch für einen gemäßigten Temperaturverlauf in dieser Struktur spricht (Tab. 27), aber den zweithöchsten Wert der Durchschnittstemperatur. Nur das niedrige Gestrüpp und das Loch

zeigen keine divergente Entwicklung in den Varianzen zueinander auf. Alle anderen Strukturen sind im Vergleich divergent in den Mittelwerten und in den Schwankungen (Tab. 29).

Tab. 27: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Temperaturen der untersuchten Habitatstrukturen und der Lufttemperatur in den untersuchten Zeitblöcken unter ausschließlicher Beachtung der Tagestemperaturwerte

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
Luft	1917	18,4	0,3	34,2	32,0
Heizstruktur	2129	23,0	5,4	62,0	135,3
Loch	1361	19,8	7,3	44,1	48,41
Heide	1106	19,1	6,2	55,3	77,8
H. Gebüsch	1147	17,7	8,4	29,6	21,9
N. Gestrüpp	1828	18,1	1,5	49,4	53,4

Tab. 28: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Temperaturentwicklungen der untersuchten Habitatstrukturen mit dem Referenzwert der Luft

	N	T	Z	P<	Levene F	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
Heizstruktur	1702	73125,0	31,44	0,05	815,25	4044	0,05	604,74	4044	0,05
Loch	1361	21681,5	30,13	0,05	30,7	3276	0,05	22,05	3276	0,05
Heide	1106	95700,0	17,83	0,05	189,34	3021	0,05	102,73	3021	0,05
H. Gebüsch	1147	54792,0	18,29	0,05	33,55	3062	0,05	35,26	3062	0,05
N. Gestrüpp	1429	266759,5	10,89	0,05	63,48	3743	0,05	46,98	3743	0,05

Tab. 29: Ergebnis des Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben und Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe); Vergleich der Temperaturentwicklungen der untersuchten Habitatstrukturen miteinander

	N	T	Z	P<	Levene F	FG	P<	Brn-Fors	FG	P<
Heizstruktur Loch	1361	288215,0	10,69	0,05	394,04	3488	0,05	298,99	3488	0,05
Heizstruktur Heide	1106	46259,5	24,09	0,05	123,79	3233	0,05	108,57	3233	0,05
Heizstruktur H. Gebüsch	1147	33468,5	25,81	0,05	713,31	3274	0,05	525,47	3274	0,05
Heizstruktur N. Gestrüpp	1828	33581,0	34,86	0,05	413,86	3955	0,05	316,65	3955	0,05
Loch Heide	1106	221597,0	6,68	0,05	53,45	2465	0,05	26,66	2465	0,05
Loch H. Gebüsch	1147	10398,5	28,28	0,05	90,78	2506	0,05	74,60	2506	0,05
Loch N. Gestrüpp	1348	197431,5	17,07	0,05	3,26	3187	0,07	2,65	3187	0,1
Heide H. Gebüsch	1106	50022,5	22,37	0,05	252,89	2251	0,05	144,24	2251	0,05
Heide N. Gestrüpp	1106	75702,5	20,39	0,05	38,16	2932	0,05	17,37	2932	0,05
H. Gebüsch N. Gestrüpp	1147	99812,0	15,85	0,05	130,79	2973	0,05	105,89	2973	0,05

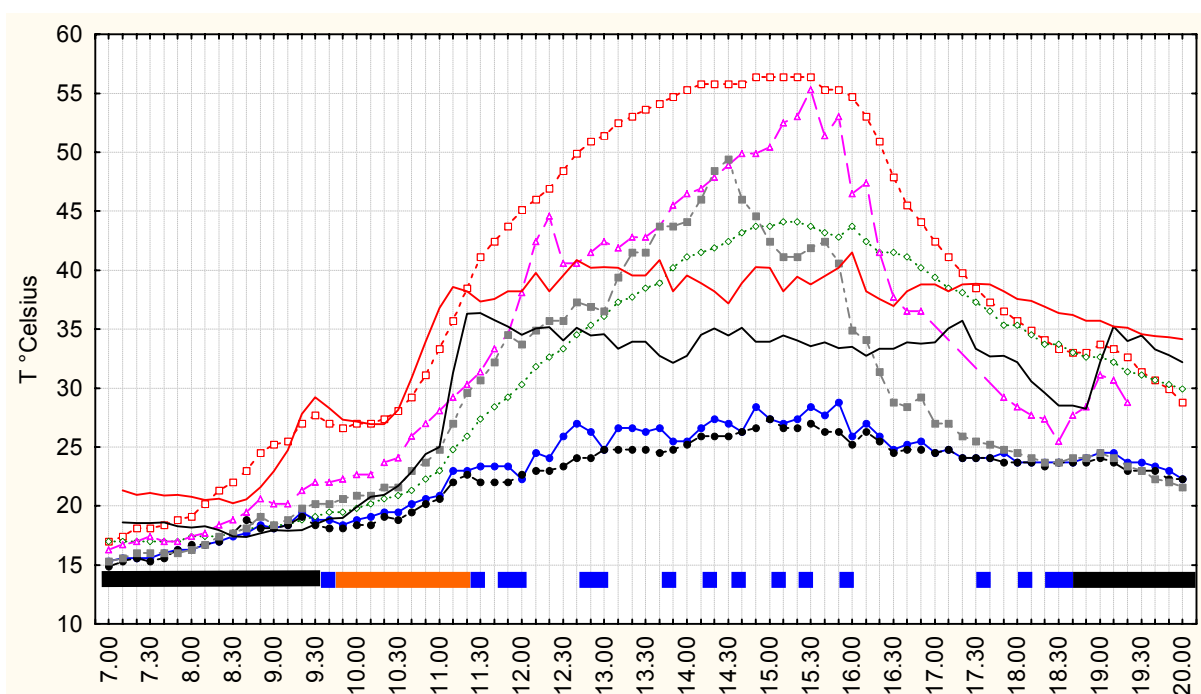


Abb. 35: Exemplarischer repräsentativer Temperaturverlauf eines Männchens (Schwarze Linie), eines Weibchens (rote Linie), der Luft (blaue Linie), in der Struktur Heizfläche (hellrote Linie), Loch (grüne Linie), der Callunaheide (lila Linie), im hohen Gebüsch (schwarze Rautenlinie) und in Gestrüpp (graue Linie) am 27.07.1999, n=79; Bewegungsabfolge eines männlichen Tieres: schwarzer Balken im Loch, blauer Balken Bewegung, roter Balken Sonnenbaden

Tabelle 30: Spearmans Rangkorrelationstest zum Vergleich des Einflusses der Lufttemperatur auf die Entwicklung der Temperaturen in den Mikrohabitatstrukturen

Heizstruktur T°C	Loch T°C	Heide T°C	H. Gebüsch T°C	N. Gestrüpp T°C
R= 0,83; p< 0,05	R= 0,95; p< 0,05	R= 0,93; p< 0,05	R= 0,99; p< 0,05	R= 0,92; p< 0,05

Tabelle 31: Spearmans Rangkorrelationstest zum Vergleich der Körpertemperatur der Männchen (MT_b), der Weibchen (WT_b), der Laufdistanzen (LD M & LD W), mit der Temperatur von ausgesuchten Mikrohabitatstrukturen

	MT _b ; n= 690	LD M; n=364	WT _b = 616	LD W; n=616
Luft T°C	R= 0,69; p<0,05	R= 0,10; p<0,05	R= 0,75; p>0,05	R= 0,28; p<0,05
Heizstruktur T°C	R= 0,77; p< 0,05	R= 0,08; p>0,05	R= 0,78; p>0,05	R= 0,34; p<0,05
Loch T°C	R= 0,71; p< 0,05	R= 0,08; p>0,05	R= 0,79; p<0,05	R= 0,24; p<0,05
Heide T°C	R= 0,86; p<0,05	R= 0,09; p>0,05	R= 0,91; p<0,05	R= 0,33; p<0,05
H. Gebüsch T°C	R= 0,80; p< 0,05	R= 0,11; p<0,05	R= 0,86; p<0,05	R= 0,29; p<0,05
N. Gestrüpp T°C	R= 0,78; p< 0,05	R= 0,10; p<0,05	R= 0,83; p<0,05	R= 0,35; p<0,05

Die Analyse der Körpertemperatur (MT_b & WT_b) und der Laufdistanzen (LD M & LD W) beider Geschlechter im Vergleich zu den Temperaturentwicklungen ausgewählter Habitatstrukturen zeigt, dass sowohl Männchen als auch Weibchen in ihrer Körpertemperaturentwicklung stark von den Temperaturentwicklungen der Habitatstrukturen abhängig sind (Tab. 31). Eine genaue Betrachtung ist nur bei Kenntnis des Einflusses der Lufttemperatur auf die einzelnen Mikrohabitatstrukturen möglich (Tab. 30). Diese macht deutlich, dass die Entwicklung der Lufttemperatur sich in einem hohen Maße in den Entwicklung der einzelnen Mikrohabitattemperaturwerten widerspiegelt. Bei beiden Geschlechtern zeigt die Entwicklung der Temperaturen aller Mikrohabitatstrukturen eine Korrelation mit der Entwicklung der Körpertemperaturen. Der Vergleich der Ergebnisse von Männchen und Weibchen zeigt, dass die Weibchen bei allen Mikrohabitatstrukturen einem größeren Einfluss unterliegen als die Männchen. Besonders die Temperaturentwicklung in der Heide und im hohen Gebüsch ist in hohem Maße mit der Körpertemperaturentwicklung der beiden Geschlechter verbunden. Bei der Betrachtung der Laufdistanzen zeigt sich ein gegensätzliches Bild. Bei den Männchen ist die Neigung zum Laufen nur in geringem Maße mit der Temperaturentwicklung der Luft und dem hohen Gebüsch verbunden, was beim hohen Gebüsch auch mit der starken Bindung an die Lufttemperatur zu erklären sein könnte. Bei allen weiteren Mikrohabitatstrukturen liegt kein Zusammenhang mit den durchgeführten Laufstrecken vor. Bei den Weibchen zeigt sich eine deutliche Verbindung zwischen den Laufstreckendistanzen und der Entwicklung der Temperaturen in allen Mikrohabitatstrukturen, die am meisten mit der Entwicklung der Temperaturen im niedrigen Gestrüpp verbunden ist.

7.3.4 Thermoregulation im Vergleich zur Aktivität

Die Körpertemperatur ist korreliert mit der Neigung zur Aktivität, d.h. je höher die Temperatur desto, aktiver werden Reptilien. Diese generelle Regel drückt sich auch in der Q_{10} Regel aus, nach der sich der Reptilienmetabolismus bei einer Erhöhung der Körpertemperatur um 10°C verdoppelt (POUGH et al. 2001). Diese Regel ist jedoch nicht pauschal verwendbar (vergl. Kap. 6.1). In diesem Abschnitt wird die generelle Neigung der Tiere, aktiv zu sein, in Bezug zur Körpertemperatur gesetzt. Hierzu wurde generell in Aktiv (1) und Inaktiv (0) unterschieden. Aktivität wurde dokumentiert, wenn ein Tier im Verhältnis zur vorherigen Beobachtung eine erkennbare Bewegung durchgeführt hatte. Dabei wurden Verhaltensweisen wie z.B. Sonnenbaden als Inaktiv (0) gewertet, obwohl dies eine aktive Verhaltensweise der Tiere ist. Deswegen kann die generelle Aktivität hier nur als Neigung der Tiere zu Bewegungen gewertet werden.

Die Ergebnisse der logistischen Regression zeigen, dass die Neigung der Männchen ($n=1417$; $\chi^2=119,66$; $F=1$; $p<0,001$) und der Weibchen ($n=1665$; $\chi^2=92,60$; $F=1$; $p<0,001$) mit den Körpertemperaturen zunimmt. Die durchschnittliche Aktivität im Verlauf der Monate April-Juli betrug dabei 18,6% bei den Männchen und 18% bei den Weibchen. Bei der Einzelbetrachtung der Monate zeigt sich hierbei jedoch ein differenzierteres Bild, welches deutlich macht, dass auch die generelle Aktivitätsneigung beider Geschlechter Schwankungen unterliegt. Im April erfolgten die Messungen in der zweiten und in der letzten Pentade. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Männchen nur eine 6,6%ige durchschnittliche Aktivitätsneigung zeigten, die nicht mit der Körpertemperatur der Tiere verknüpft ist ($n=162$; $\chi^2=2,386$; $F=1$; $p=0,12$) (Abb. 37). Die Ergebnisse aus dem April zeigen, dass die Männchen trotz hoher Körpertemperaturen eine starke Neigung zur Inaktivität oder passiven Aktivität haben. Die Weibchen zeigten demgegenüber eine höhere Aktivitätsneigung (19%), die auch eine deutliche Bindung an den Anstieg der Körpertemperaturen zeigt ($n=167$; $\chi^2=16,311$; $F=1$; $p<0,001$) (Abb. 36). Im Mai steigt die generelle Aktivitätsneigung der Männchen auf 16%, was auch deutlich wird in der Korrelation mit den Körpertemperaturen ($n=398$; $\chi^2=38,100$; $F=1$; $p<0,001$). Die Weibchen zeigen im Mai einen leichten Rückgang in der generellen Aktivitätsneigung (17,5%). Die Neigung bei ansteigenden Körpertemperaturen zur Aktivität ist schwach vorhanden ($n=398$; $F=1$; $\chi^2=4,652$; $F=1$; $p<0,05$), bzw. es steigt die Tendenz der Weibchen, trotz höherer Körpertemperaturen, zur Inaktivität. Im Juni erreicht die generelle Aktivitätsneigung der Männchen ihren Höhepunkt mit 34,3% und ist mit dem Anstieg der Körpertemperatur verknüpft ($n=137$; $\chi^2=12,835$; $F=1$; $p<0,001$). Die Weibchen zeigen im Juni gegenüber dem Mai eine deutliche Steigerung in der Neigung zur generellen Aktivität (28%), die wie in den Vormonaten mit dem Anstieg der Körpertemperaturen korreliert ist ($n=269$; $\chi^2=13,027$; $F=1$; $p<0,001$). Im Juli fällt die Neigung der Männchen zur generellen Aktivität

deutlich ab (19,5%) bei einer klaren Bindung der generellen Aktivität mit dem Anstieg der Körpertemperaturen ($n=703$; $\chi^2=44,419$; $F=1$; $p<0,001$). Auch bei den Weibchen halbiert sich die Neigung zur generellen Aktivität fast (14,5%) und ist ebenso wie bei den Männchen deutlich an den Anstieg der Körpertemperaturen gebunden ($n=691$; $\chi^2=81,710$; $F=1$; $p<0,001$).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Männchen und Weibchen unterschiedliche Neigungen zu Bewegungsaktivitäten in den untersuchten Monaten entwickeln. Während die Weibchen in der Aktivitätsneigung durchgängig mit dem Anstieg der Körpertemperaturen korreliert sind, ist dies bei den Männchen erst zwischen Mai und Juni der Fall. Die Neigung zur generellen Bewegungsaktivität ist im Untersuchungszeitraum starken Schwankungen unterlegen.

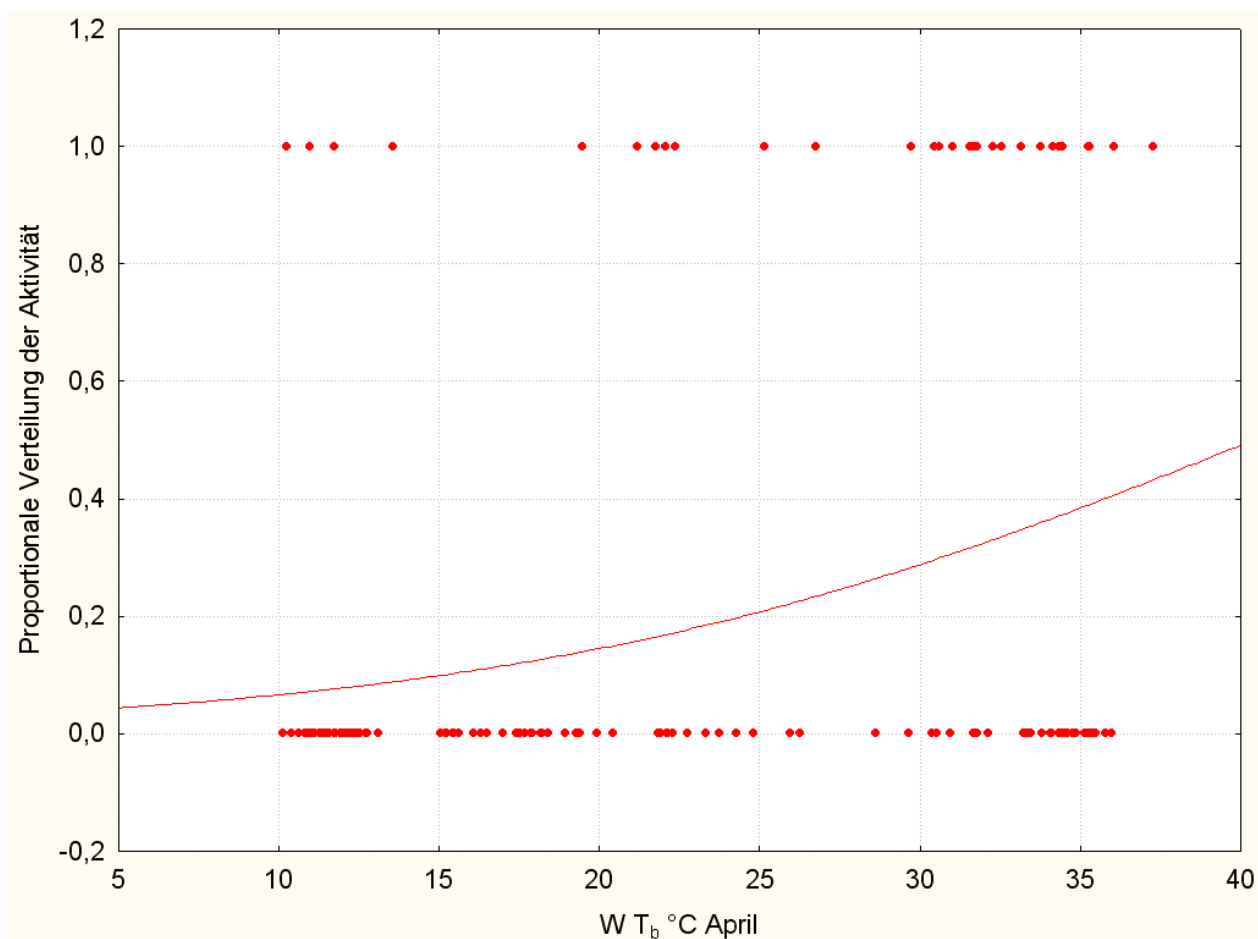


Abb. 36: Logistische Regression der proportionalen Verteilung der Aktivität der Weibchen im April im Verhältnis zur Körpertemperatur (T_b), $\emptyset$ 18%; $y=\exp(-3,5097+(0,086848)*x)/(1+\exp(-3,5097+(0,086848)*x))$; $R^2=0,08$, $p<0,001$)

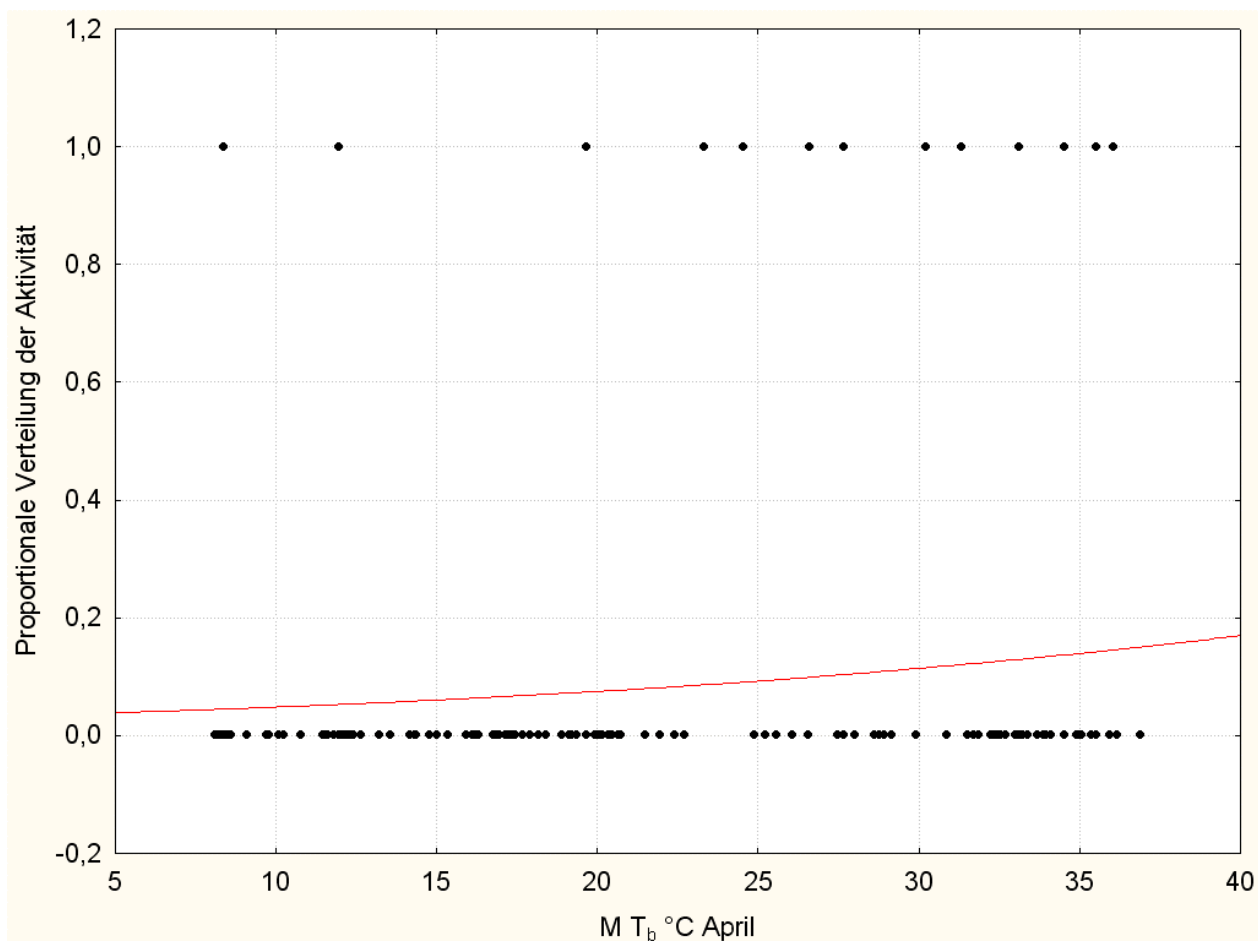


Abb. 37: Logistische Regression der proportionalen Verteilung der Aktivität der Männchen im April im Verhältnis zur Körpertemperatur (T_b), $\emptyset$ 18,6%; $y = \exp(-3,4365 + (0,046242) \cdot x) / (1 + \exp(-3,4365 + (0,046242) \cdot x))$; $R^2 = 0,46$, $p = 0,12$)

7.4 Diskussion

Die Ergebnisse dieses Kapitels müssen im Kontext der Witterungsbedingungen der Jahre 1999 und 2000 betrachtet werden. Es muss angenommen werden, dass die gemessenen Temperaturparameter sich aufgrund veränderter Umgebungstemperaturparameter abgewandelt darstellen können. Von entscheidender Bedeutung ist auch die Tatsache, dass die Jahre, in denen die Untersuchungen durchgeführt wurden, um bis zu 1,43°C wärmer waren, als der langjährige Durchschnitt der Region (vergl. 3.5).

7.4.1 Thermoregulation weiblicher und männlicher Tiere

Die vorgestellten Ergebnisse zeichnen das Bild einer klassischen heliothermen Art, die nach Verlassen der Nachtverstecke innerhalb von 15-30min unter optimalen Strahlungsbedingungen ihre Schwellenwerttemperaturen erreicht. Im Untersuchungszeitraum konnte bei 51 Tieren (zuzüglich der Tiere die nicht in der Thermoregulations Studie einbezogen wurden) ein Gewicht von durchschnittlich 45,30g (♂) und 35,24g (♀) ermittelt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen von SEEBACHER & SHINE (2004)

nach denen Eidechsenarten mit Gewichten adulter Tiere zwischen 30 und 50g eine 30minütige Aufheizphase benötigen, um von 20°C als theoretischen Ruhetemperaturwert auf 40°C als theoretischen Schwellenwert zu gelangen. Das maximale bei einer Westlichen Smaragdeidechse im Untersuchungsgebiet festgestellte Gewicht lag bei 61,2g (Tier Nr. 15). Somit liegt die Aufheizphase am Nordrand ihres Verbreitungsareals innerhalb der für Arten dieser Gewichtsklasse errechneten theoretischen Spanne. Dennoch ergeben sich hier Konsequenzen in Bezug auf die Verbreitung in klimatisch suboptimalen Bereichen. Die Aufheizphase bezieht sich auf strahlungsintensive Wetterbedingungen, die in der Realität am Mittelrhein die Ausnahme darstellen (ZUTZ 2004). Im Hochsommer dominieren bei Hochdruckwetterlagen Wetterbedingungen mit Bewölkung (SCHMITT 1991), weil das Mittelrheintal im Einflussbereich subatlantischen Klimas liegt, wodurch die wolkenfreien Perioden selten ausgeprägt sind (ERIKSEN 1967). Der Bewölkungsgrad ist zwar deutlich niedriger als auf den umgebenden Hochflächen, führt jedoch real dazu, dass die Aufheizphasen ausgedehnt werden müssen (vergl. Abb. 44). Das Mittelrheintal unterliegt zwar im Verhältnis zu den weiträumig umliegenden Gebieten einer Klimagunst, dennoch ist diese im Vergleich zu vielen Gebieten im zentralen Verbreitungsareal der Art nicht vorhanden oder sogar verschlechtert. Das hat zu Folge, dass zu den verlängerten Aufheizphasen auch die potenzielle Zeit für Aktivitäten verkürzt wird und somit die Art gezwungen wird ihr Verhalten zu modifizieren, um dennoch die physiologischen Defizite zu decken. Für diese Auffassung spricht die Tatsache, dass ein bimodales Verhalten wie im Mittelmeerraum (STEMMLER 1968; HOLEC & KIMNIAK 1970; NETTMANN & RYKENA 1984) nicht beobachtet werden konnte und die von mir untersuchten Tiere durchgängig ganztägig (unimodal) aktiv waren. Sie suchten während großer Hitzeperioden hohes Gestrüpp bzw. Waldstrukturen auf, unterbrachen jedoch nie ihre Außenaktivität. Dies könnte dahingehend gedeutet werden, dass die Lufttemperaturen zu keinem untersuchten Zeitpunkt Werte erreichten, die eine bimodale Aktivität aufzwangen oder aber, dass das Habitat genügend Strukturen zur Kühlung bietet. Ein bimodales Verhalten ist auch nur dann eine zwingende Voraussetzung, wenn keine anderen kühlenden Strukturen im Gelände vorhanden sind und auch nicht geographisch ausgewichen werden kann. Hierin könnte auch eine Anpassung an die klimatischen Bedingungen am Nordrand des Verbreitungsareals zu sehen sein, durch die ein solches Verhaltensmuster obsolet ist. Dies könnte auch erklären, warum die untersuchten Tiere bis auf eine Ausnahmebeobachtung nicht auf Bäume kletterten, sondern sich durchgängig bodennah aufhielten. Bei der untersuchten Art und weiteren lacertiden Eidechsen ist eine solche Verhaltensweise häufig für die mediterrane Region beschrieben worden (pers Mitt. W. BÖHME & W. BISHOFF; NETTMANN & RYKENA 1984; ELBING 2001). Auch bei anderen Arten ist der Nutzen eines solchen Verhaltens aus thermoregulatorischen Gründen nachgewiesen worden (*Thamnophis sirtalis*, SHINE et al. 2005). Demnach werden solche Vertikalstrukturen genutzt, um widrigen Temperaturen in

bodennahen Bereichen zu entgehen, um auf Büschen oder Bäumen eine Überhitzung in kühleren Lufttemperaturschichten zu vermeiden. Dieses Verhalten kann für das Mittelrheingebiet nicht völlig ausgeschlossen werden.

Die allgemeine Betrachtung der Temperaturwerte zeigt, dass die Verteilung der Körpertemperaturen bei beiden Geschlechtern zweigipfelig ist und somit die Art nur einen Temperaturschwellenwert besitzt. Dies tritt häufig bei Arten gemäßigter Breiten auf im Gegensatz zu Arten subtropischer Zonen, die vor allem in Wüsten beheimatet sind und deren Temperaturschwellenwert um einen oberen und unteren Wert schwankt (dreigipfelig, ein Ruhewert und zwei Schwellenwerte POUGH et al. 2001). Dabei liegen die durchschnittlichen Körpertemperaturen ($+0,5^{\circ}\text{C}$), die Schwellenwerttemperaturen ($+0,4^{\circ}\text{C}$) und Ruhetemperaturwerte ($+1,9^{\circ}\text{C}$) der Weibchen höher als die der Männchen. Mit $30,4^{\circ}\text{C}$ (M) bzw. $30,9^{\circ}\text{C}$ (W) liegen die durchschnittlichen Körpertemperaturen höher als die von RISMILLER & HELDMEIER (1986) experimentell ermittelten Körpertemperaturen von Untersuchungstieren aus Norditalien. Bei der Betrachtung der Einzelwerte und der Schwellenwerttemperaturen zeigen sich deutlichere Unterschiede. In den Laborstudien wurden Höchstwerte von $34,2^{\circ}\text{C}$ gemessen. Die Ergebnisse der vorliegenden Freilandstudien ergeben Körpertemperaturhöchstwerte von bis zu $43,4^{\circ}\text{C}$ ($+9,6^{\circ}\text{C}$). Da Körpertemperaturwerte über 40°C bei den Weibchen 48mal gemessen wurden, kann hier nicht von einem Ausnahmewert oder Untersuchungsartefakt gesprochen werden, wobei insgesamt bei den Weibchen 425 mal die von RISMILLER & HELDMEIER (1982) ermittelte Grenzwerte übertroffen wurde. Bereits HERTER (1940) konnte Körpertemperaturen von $41,5^{\circ}\text{C}$ bei der Art ermitteln. Diese Ergebnisse sind jedoch bis in die jüngste Zeit angezweifelt worden (ELBING 2001), müssen jedoch nach den vorliegenden Ergebnissen erneut bewertet werden. Auch bei den Männchen konnten 458 Körpertemperaturwerte über der postulierten Grenze dokumentiert werden. Dieses Ergebnis erfährt eine Fortführung bei der Betrachtung der Schwellenwerttemperaturen (HBST), die nach den Ergebnissen von RISMILLER & HELDMEIER (1982) bei maximal $32,4^{\circ}\text{C}$ unabhängig vom Geschlecht ermittelt werden konnten. Ich konnte bei meinen Studien Schwellenwerttemperaturen (HBST) von durchschnittlich $34,6^{\circ}\text{C}$ (M) bzw. $34,9^{\circ}\text{C}$ (W) ermitteln, was wiederum zeigt, dass die Art im Untersuchungsgebiet höhere Aktivitätstemperaturen wählt als die Individuen aus Oberitalien (Bologna) der oben genannten Vergleichsstudie. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Art im Mittelrheingebiet höhere durchschnittliche Körpertemperaturen T_b und vor allem höhere Schwellenwerttemperaturen (HBST) als Populationen im Kern des Verbreitungsareals aufweist. Damit würde dies ein Beleg dafür sein, dass die Thermoregulation bei der Westlichen Smaragdeidechse Modifikationen innerhalb des Verbreitungsareals unterliegt, wie dies auch für die nahe verwandte Art *L. agilis* nachgewiesen werden konnte (AMAT et al. 2003) und auch bei anderen Arten belegt wurde (HUEY et al. 2003; PEARSON et al. 2003). Durch eine

Steigerung des Metabolismus infolge von höheren Körpertemperaturen T_b könnte sie physiologische Defizite und Aktivitäten, wie z.B. Eireifung oder Anlage von Fettreserven, beschleunigen. Dies muss jedoch in der Jahresgesamtbetrachtung nicht dazu führen, dass die Art ihre Jahresaktivität gegenüber Populationen im zentralen Verbreitungsareal schneller umsetzt. Hier könnten klimatische Unterschiede zwischen dem mittelhessischen Verbreitungsgebiet und dem zentralen Verbreitungsareal eine ausschlaggebende Rolle spielen. Die suboptimalen klimatischen Bedingungen am Verbreitungsrand könnten durch Veränderung des Metabolismus bzw. des zentralen Verhaltens, der Thermoregulation, ausgeglichen werden. Dies muss nicht zwingend bedeuten, dass hieraus eine generelle Regel abzuleiten ist. Die hier vorgestellten Ergebnisse stehen im Gegensatz zu Resultaten weiterer Studien, die von einem Sinken der durchschnittlichen Körpertemperatur T_b einer Art entlang eines Höhengradienten und mit zunehmender Verbreitungsnähe zu den Polkappen ausgehen (HERTZ et al. 1993; HUEY et al. 2003).

Die Schwankungen der durchschnittlichen Körpertemperaturen T_b sind bei der Gesamtbetrachtung der Werte zwischen den Geschlechtern nicht unterschiedlich. Sowohl die Ruhetemperaturwerte (LBST) als auch die Schwellenwerttemperaturen (HBST) variieren deutlich zwischen den Geschlechtern. Die Männchen haben instabilere Ruhetemperaturwerte (LBST) jedoch wesentlich konstantere Schwellenwerttemperaturen (HBST) als die Weibchen. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der Aktivitäten der Weibchen im Jahresverlauf liegen, die aufgrund der physiologischen Belastungen vor und nach der Eireifung dazu führen, dass sie gegenüber den Männchen insgesamt stärkeren Schwankungen im Metabolismus unterworfen sind, welche sich auch auf die Konstanz der Körpertemperaturen auswirken (ELBING 2001). Dies wurde auch bei weiteren Arten und auch in anderen Zusammenhängen im Verhältnis der Thermoregulation zwischen Männchen und Weibchen belegt (le GALLIARD et al. 2003; PEARSON et al. 2003; SHINE 2003a,b), dabei könnte die Konstanz der Körpertemperaturen während der Eireifung von entscheidender Bedeutung sein (SHINE 2004).

7.4.2 Saisonale Schwankung

Der Vergleich der Körpertemperaturen (T_b), der Schwellenwerttemperaturen (HBST) und der Ruhetemperaturwerte (LBST) im Verlauf der vier Untersuchungsmonate von April bis Juli zeigt, dass die Westliche Samragdeidechse variabel in Bezug auf die Temperaturparameter ist, sowohl im Hinblick auf die zeitliche Komponente als auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede. Bis in den Hochsommer steigen die Körpertemperaturwerte (T_b) beider Geschlechter, wie dies bereits bei RISMILLER & HELDMEIER (1988) dokumentiert wurde. Dennoch zeigen sich hier deutliche Unterschiede. Meine Untersuchungen zeigen, dass der Anstieg der Körpertemperaturen (T_b) nicht vollständig mit dem Anstieg der Photoperiode

verknüpft ist, da insbesondere die Weibchen im Juli trotz verkürzter Photoperiode einen weiteren deutlichen Anstieg der Körpertemperaturparameter verzeichnen. Die Körpertemperaturparameter beider Geschlechter unterscheiden sich im April und im Mai nicht voneinander mit Ausnahme der Schwellenwerttemperaturen (HBST) im Mai, die bei den Männchen höher liegen als bei den Weibchen. Die Untersuchungen wurden in der zweiten Pentade im April durchgeführt. Dies könnte die fehlenden Differenzen in den Temperaturparametern erklären, da sich die Tiere möglicherweise zu diesem Zeitpunkt noch in der Posthibernationsphase befanden und zudem die Photophase gegenüber Juni und Juli noch stark verkürzt war. Die Schwellenwerttemperaturen (HBST) der Männchen sind im Mai gegenüber den Weibchen erhöht. Im Mai befindet sich die Art im Mittelrheingebiet in der Paarungszeit, in der die Männchen mit der Verteidigung der Reviere und der Weibchen beschäftigt sind, während die Weibchen zu diesem Zeitpunkt eine passivere Rolle einnehmen (BÖKER 1987, ELBING 2001). Dies könnte die Differenz der Schwellenwerttemperaturen erklären. Anfang bis Mitte Juni erreicht die Paarungszeit ihren Höhepunkt bzw. ihr Ende, was wiederum die höheren durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) und Schwellenwerttemperaturen (HBST) der Männchen erklären könnte. Bei den Weibchen ist demgegenüber nur eine leichte Veränderungen bzw. ein Abfall der durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) und der Schwellenwerttemperaturen (HBST) zu verzeichnen, was in Zusammenhang mit der Gravidität der Tiere erklärt werden könnte, wie dies für weitere Arten beobachtet werden konnte (SHINE 2003a,b). Dieses Bild ändert sich gravierend nach der Paarungszeit, vor allem bei den Weibchen. Diese Änderung beruht dabei nicht auf den durchschnittlichen Körpertemperaturen oder den Ruhetemperaturwerten, sondern auf dem drastischen Anstieg der Schwellenwerttemperaturen (HBST), die um $3,47^\circ\text{C}$ ansteigen. Diese drastische Erhöhung der Schwellenwerttemperaturen (HBST) in Zusammenhang mit weiteren deutlichen Veränderungen der Verhaltensmuster, wie z. B. der Aktivitätsneigung, nach der Eiablage, konnte auch bei Weibchen weiterer Arten beobachtet werden (VAN DAMME et al. 1990; le GALLIARD et al. 2003; SHINE 2003a). Eine Erklärung hierfür könnte in dem notwendigen Ausgleich der physiologischen Defizite nach der Eiablage und in der für die Weibchen gegenüber den Männchen verkürzten Aktivitätsperiode nach der Paarungszeit zu suchen sein. Die Männchen zeigten gegenüber den Weibchen einen deutlichen Abfall der Temperaturparameter nach der Paarungszeit, was in Zusammenhang mit dem Zusammenbruch der Territorien und der reduzierten Aktivität der Männchen gegenüber den Weibchen stehen (SOUND 1997; SOUND & VEITH 2001; ELBING 2001) und den von RISMILLER & HELDMEIER (1988) dokumentierten Verlauf der Temperaturparameter bestätigt.

Die Schwankungen der Temperaturparameter der durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) und der Schwellenwerttemperaturen (HBST) differieren im Verlauf des Untersuchungszeitraums. Dabei variieren die durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b)

wesentlich stärker als die Schwellenwerttemperaturen (HBST), die ein genaueres Maß für die von der Art angestrebte Körpertemperatur darstellt. Von allen vier untersuchten Monaten schwankt dieser Wert im April am meisten und es konnten auch keine Differenzen zwischen Männchen und Weibchen festgestellt werden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die Tiere zu diesem Zeitpunkt noch in der Posthibernationsphase befanden und eine präzise Thermoregulation nicht notwendig ist (RISMILLER & HELDMEIER 1988; ELBING 2001). Außerdem ist die Art kurz vor und nach der Hibernation wesentlich stärker von den äußeren Wetterbedingungen abhängig als in den Hauptaktivitätsmonaten im Hochsommer (SOUND & VEITH 2000). Im Mai schwanken die durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) und die Schwellenwerttemperaturen (HBST) der Männchen stärker als die der Weibchen. Die Ursache hierfür könnte einerseits in der verstärkten Aktivität der Männchen liegen, bei denen eine präzise Einhaltung der Körpertemperaturen gegenüber essentiellen Aktivitäten wie z.B. Revierverteidigung oder Paarungen in den Hintergrund rückt. Das Verhalten der Weibchen zur Paarungszeit wird demgegenüber als passiv beschrieben (ELBING 2001), was die größere Konstanz der durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) und der Schwellenwerttemperaturen (HBST) erklären könnte. Im Juni deutet sich eine Veränderung der Präzision der Thermoregulation beider Geschlechter an, bei der die durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) der Weibchen stärker schwanken als die der Männchen und sich in den anderen Temperaturparametern (HBST; LBST) keine Differenzen in den Varianzen belegen lassen. Hier könnte die Ursache im Ende der Paarungszeit und den daraus resultierenden Verhaltensänderungen gesucht werden, die vor allem von einer Reduzierung der Aktivität der Männchen geprägt ist (ELBING 2001). Kurz vor der Eiablage, die für das Mittelrheintal mit Mitte Juni belegt ist, reduzieren Weibchen ihre Aktivität, wie dies auch bei anderen Arten nachgewiesen worden ist (VAN DAMME et al. 1990; le GALLIARD et al. 2003; SHINE 2003a,b). Nach der Eiablage nimmt vor allem die Schwellenwerttemperatur (HBST) der Weibchen deutlich zu, und die Tiere zeigen eine geringere Präzision in der Thermoregulation. Das macht deutlich, dass für die Tiere die Deckung physiologischer Defizite höhere Priorität haben könnte als eine exakte Thermoregulation, die aufgrund der erfolgten Eiablage nicht mehr zwingend notwendig ist, was auch bei anderen lacertiden Arten nachgewiesen werden konnte (VAN DAMME et al. 1990; ANGUILETTA et al. 2002; le GALLIARD et al. 2003). Geschlechtsspezifische Unterschiede offenbaren sich auch in den Schwankungen der Ruhetemperaturwerte (LBST), im April und im Mai. Im Mai könnten diese auf die oben beschriebenen Phänomene zurückzuführen sein, die Ursache im April bleibt unklar (Abb. 38).

Die Varianz der Körpertemperaturparameter ist ein Maß für die Präzision, mit der die Tiere thermoregulierten. Verstärkte Schwankungen während der Hauptaktivitätsperiode, in der die Westliche Smaragdeidechse ein von den Umgebungstemperaturparametern unabhängiges Verhaltensmuster zeigt (SOUND & VEITH 2000), sind damit ein Maß, welches

Prioritätsverschiebungen in den Verhaltensmustern zwischen notwendigen individuellen geschlechtspezifischen Jahresaktivitäten und der grundsätzlichen Thermoregulation aufzeigt. Reptilien gemäßiger Breiten stehen generell im Spannungsfeld zwischen präziser Thermoregulation, geschlechtspezifischen Jahresaktivitäten und Prädatorendruck (DOWNES & SHINE 1998a). Wie gezeigt werden konnte (vergl. 6.4.1), spielt der Prädationsdruck im Untersuchungsgebiet eine zu vernachlässigende Rolle, so dass die beiden erst genannten Faktoren sich gegenseitig beeinflussen. Dabei muss diese Interpretation im Kontext der Lage des Untersuchungsgebietes, am Nordrand der Verbreitung der Art, und im Umfeld der klimatischen Bedingungen des Untersuchungszeitraums betrachtet werden.

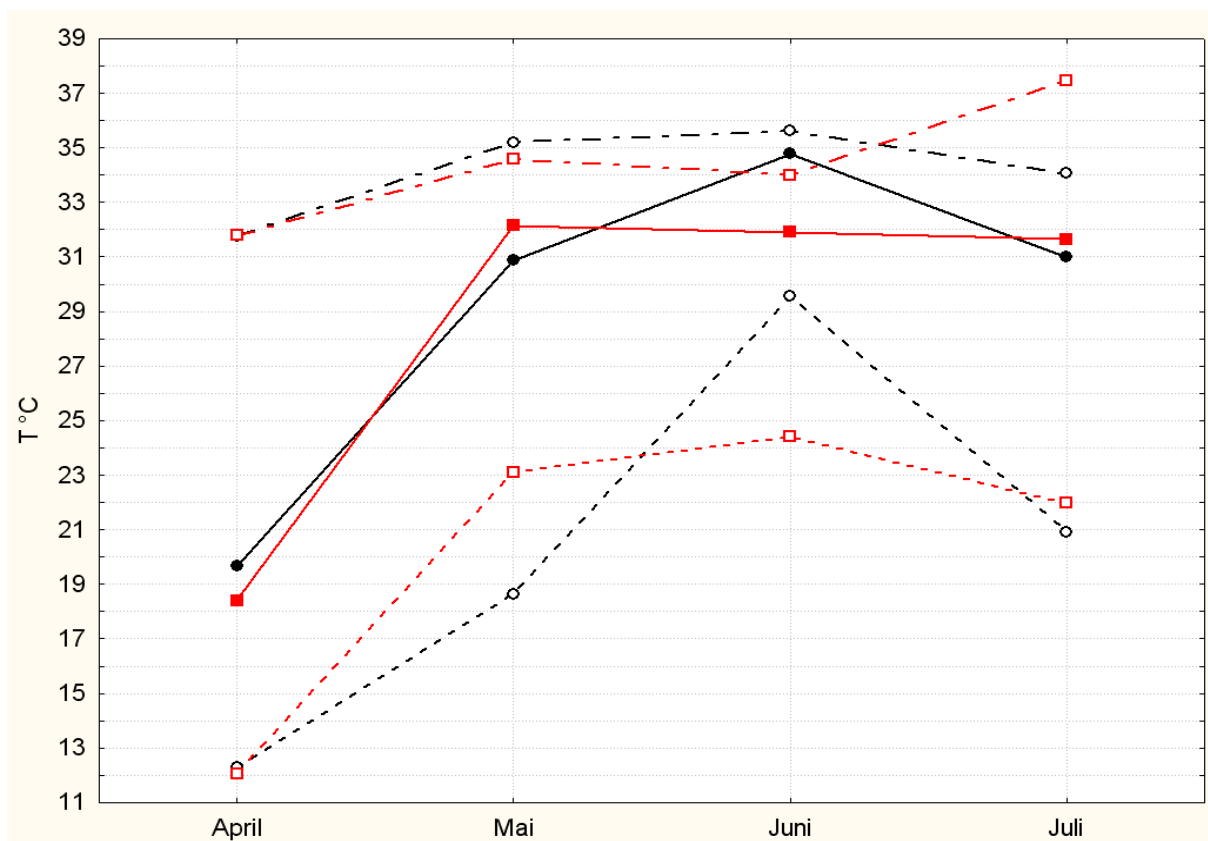


Abb. 38: Verlauf der Temperaturentwicklung der durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) der Männchen (schwarze Linie), der durchschnittlichen Körpertemperaturen (T_b) der Weibchen (rote Linie), der Schwellenwerttemperaturen (HBST) der Männchen (schwarze gestrichelte Linie), der Schwellenwerttemperaturen (HBST) der Weibchen (rote gestrichelte Linie), der Ruhetemperaturen (LBST) der Männchen (gestrichpunktete schwarze Linie) und der Ruhetemperaturen (LBST) der Weibchen (gestrichpunktete rote Linie)

7.4.3 Thermoregulation im Vergleich zum Mikroklima von Habitatstrukturen

Meine Ergebnisse zeigen, dass die Westliche Smaragdeidechse im Untersuchungsgebiet in einem Lebensraum mit Mikrohabitatstrukturen mit sehr verschiedenen Temperaturprofilen vorkommt. Dabei stehen ihr Strukturen mit hoher Wärmeaufnahme-fähigkeit ebenso wie Strukturen mit gemildertem Mikroklima zur Verfügung. Damit stehen der Art während ihrer

Tagesaktivität unterschiedlichste Temperaturprofile zur Auswahl, die eine präzise Kontrolle der Schwellenwerttemperaturen bei Strahlungswetterlagen ermöglichen. Hier könnten die Ergebnisse einige thermoregulatorische Verhaltensweisen plausibel erklären. Die Temperaturen im Nachtversteck (Loch) zeigen keine Divergenzen in den Schwankungen zum Niedrigem Gestrüpp bei höheren Durchschnittstemperaturen (+1,7°C). Dies wirft einen weiteren Blick auf das fehlende bimodale Verhalten, der Art im Untersuchungsgebiet (s. 7.4.1). Bimodale Aktivität wird interpretiert als ein Verhalten um einer Überhitzung bei hohen Außentemperaturen zu entgehen und durch das Aufsuchen von Verstecken herunterzukühlen (ELBING 2001; HOLEC & KIMNIAK 1970). Die Ergebnisse zeigen, dass niedriges Gestrüpp hierfür bessere Bedingungen bietet und damit eine bimodale Aktivität im Sinne einer Unterbrechung der Außenaktivität zur Vermeidung einer Überhitzung unter den Habitatbedingungen am Mittelrhein nicht notwendig ist.

Die Heidestruktur weist nach der Heizstruktur und dem Nachtversteck (Loch) die höchsten Durchschnittstemperaturen mit zweithöchsten Maximalwerten auf. Dennoch konnte die Art nur selten auf dieser Struktur beobachtet werden, was von weiteren Untersuchungen an der Westlichen Smaragdeidechse. (SOUND 1997; SOUND et al. 2001) und bei der nahe verwandten Schwesterart *Lacerta viridis* bestätigt wird (ELBING 2001). Damit scheint diese Struktur für die Thermoregulation suboptimale Bedingungen zu bieten, was darauf zurückzuführen sein könnte, dass diese Struktur im Untersuchungsgebiet in vereinzelt und flächenhaft vorkommt (s. 3.7). Heizstrukturen sind demgegenüber im ganzen Untersuchungsgebiet verteilt (SOUND 1997; SOUND et al. 2001).

Die Heizstruktur zeigt ein hohes Wärmeaufnahmevermögen aber keine Wärmespeicherkapazität. Die im Untersuchungszeitraum ermittelten Temperaturextremwerte stellen keine extremen Spitzenwerte dar. Nach SCHMITT (1991) konnten Maximaltemperaturen von 70°C auf Heizstrukturen ermittelt werden, so dass Temperaturen über 50°C zwischen Mai und August bei Strahlungswetterlagen nicht ungewöhnlich sind.

Der Vergleich von Körpertemperatur ($M T_b$ & $W T_b$) und den Laufristanzen ($LD M$ & $LD W$), mit den Temperaturentwicklungen untersuchter Mikrohabitatstrukturen zeigt, dass die Körpertemperaturen beider Geschlechter mit der Entwicklung der Temperaturen der Mikrohabitatstrukturen eng verknüpft sind, jedoch differenziert mit der Entwicklung der Lufttemperaturen. Dieses Ergebnis bestätigt die Ergebnisse anderer Untersuchungen, nach denen die Art in den Hauptphasen der Aktivität (Mai bis August) eine geringere Bindung an die Entwicklung der Lufttemperaturen zeigt, sondern vielmehr von der Insolation abhängig ist (ELBING 2001; SOUND & VEITH 2000). Meine Ergebnisse belegen, dass die Entwicklung der Körpertemperaturen eng an die Entwicklung der Temperaturen der Mikrohabitatstrukturen gebunden ist, welche wiederum von der Insolation abhängig ist (SCHMITT 1991). Die Neigung der Männchen zur Bewältigung von Laufristanzen (LD) ist nicht bzw. nur gering mit den

ausgewählten Mikrohabitatstrukturen und Luft verknüpft. Dies deutet auf endogene Auslöser dieses Verhaltens hin (SOUND 1997). Die Neigung der Weibchen zur Bewältigung von Laufdistanzen ist mit der Entwicklung der Temperaturen aller Mikrohabitatstrukturen verbunden, insbesondere mit niedrigen Gestrüpp. Dies könnte in Zusammenhang mit der Tatsache stehen, dass niedriges Gestrüpp wie zum Beispiel Saumstrukturen, Ruderalflächen und Wiesen, von der Art für die Jagd verwendet werden (BÖKER 1987; SOUND 1997) und ein Anstieg der Temperaturen in dieser Strukturen der Laufleistung der Weibchen entgegenkommt, zumal diese nach der Eiablage im Hochsommer die höchsten Schwellenwerttemperaturen (HBST) aufweisen und gleichzeitig durch eine erhöhte Aktivität physiologische Defizite ausgleichen (vergl. 7.4.2; ELBING 2001). Auch die Wahl der Strukturen und die Ausprägung des Verhaltens ist bei den Weibchen deutlicher an die Entwicklung der Temperaturen der Mikrohabitatstrukturen gebunden als bei den Männchen. Auch hier könnte sich die oben genannte Interpretation dieses Verhaltens widerspiegeln, bei der die Weibchen aufgrund der extremen physiologischen Belastungen zwischen April und Juli stärker an die Temperaturen der Mikrohabitatstrukturen gebunden sind (AMAT et al. 2003).

7.4.4 Thermoregulation im Vergleich zur Aktivität

Die Ergebnisse des Vergleichs der Thermoregulation mit der generellen Aktivität zeigen, dass diese nicht immer zwingend mit der Zunahme der Körpertemperaturen zunimmt und dass hier wiederum deutliche Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen erkennbar sind. Die generelle Aktivität ist gekoppelt an die Körpertemperatur, das heißt jedoch nur, dass die Neigung zu Bewegungen im gesamten Untersuchungszeitraum und in allen analysierten Einzelmonaten (außer im April bei den Männchen) bei hohen Temperaturen stärker ist als bei niedrigen Temperaturen. Die jeweils verschiedenen Aktivitätsneigungen der Geschlechter in den untersuchten Monaten sind wiederum ein Spiegelbild der jeweiligen Phase in der Phänologie der Geschlechter und werden durch Verhaltensbeobachtungen gestützt (BÖKER 1987; ELBING 2001). Untersuchungen an anderen Reptilienarten gemäßigter Breiten konnten zeigen, dass sowohl Männchen (OLSEN & SHINE 1997) als auch Weibchen (VAN DAMME et al. 1990; le GALLIARD et al. 2003; SHINE 2003a,b) aufgrund von spezifischen endogenen Prozessen (Spermiogenese bzw. Eireifung) eine eingeschränkte Aktivität während dieses Prozesses und eine drastische Aktivitätssteigerung nach Beendigung des Aktivitätsabschnittes zeigen. In Bezug auf die Zeitpunkte, bei denen dies bei den untersuchten Tieren der Westlichen Smaragdeidechse aufgetreten ist, können diese Phänomene auch bei dieser Art bestätigt werden. Hieraus könnten zwei Schlussfolgerungen gezogen werden. 1. die generelle Aktivitätsneigung ist mit der weiterer Reptilienarten der gemäßigten Breiten vergleichbar. 2. Die Neigung zur Aktivitätsminderung während zentraler physiologischer Aktivitäten und die

deutliche Steigerung der nach Beendigung dieser Prozesse scheint ein generelles Aktivitätsschema bei Reptilien gemäßigter Breiten zu sein.

Die Ergebnisse erlauben keine Verallgemeinerung auf alle Populationen im Verbreitungsgebiet der Art. Aktivitätsuntersuchungen in anderen Teilen des Verbreitungsgebietes (HOLEC & KIMNIAK 1970; WEBER 1957) deuten jedoch analoge Verhaltensmuster an.

7.5 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Abschnitt wurde die Thermoregulation der Westlichen Smaragdeidechse in den Jahren 1999 und 2000 untersucht. Dabei wurden die Tiere (3 ♂ + 3 ♀) in Zeitblöcken in den Monaten April bis Juli mit Temperatursendern telemetriert. Die generelle Thermoregulation wurde im Hinblick auf die Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen, die saisonalen Schwankungen der Körpertemperaturen (T_b), der Schwellenwerttemperaturen (HBST) und den Ruhetemperaturwerte (LBST), die Thermoregulation im Vergleich zur Temperaturentwicklung in selektierten Mikrohabitatstrukturen und die Entwicklung der Körpertemperaturen im Vergleich zur generellen Aktivität analysiert. Meine Ergebnisse zeigen, dass die Westliche Smaragdeidechse im Untersuchungsgebiet eine heliotherme Art mit einer präzisen Thermoregulation ist. Teilweise zeigt sie ein typisches thermoregulatorisches Verhalten, welches auch von anderen Populationen im zentralen Verbreitungsareal dokumentiert worden ist. Verhaltensweisen wie eine bimodale Aktivität oder das Klettern auf Bäume konnte nicht beobachtet werden, was mit möglichen Verhaltensanpassungen erklärt wird. Im Laufe der Untersuchung wiesen beide Geschlechter konsistent differente Körpertemperaturen (T_b) und Schwellenwerttemperaturen (HBST) auf. Die ermittelten Werte lagen höher als bei Vergleichuntersuchungen mit Individuen aus dem zentralen Verbreitungsareal. Die Ursache dieser Differenzen im Hinblick auf mögliche Verhaltensanpassungen am Nordrand des Verbreitungsareals wird diskutiert.

Die Analyse der saisonalen Schwankungen der Körpertemperaturparameter von April bis Juli zeigt, dass diese mit der Ausweitung der Photoperiode ansteigen. Die beiden Geschlechter zeigen dabei eine differenzierte Entwicklung, die in der Form noch nicht dokumentiert worden ist. Die Weibchen offenbaren auch im Juli einen weiteren Anstieg der Schwellenwerttemperaturen (HBST) trotz des Rückgangs der Photoperiode. Die Gründe für diese Verhaltensunterschiede bei beiden Geschlechtern werden diskutiert. Vor allem könnten physiologische Defizite nach der Paarungszeit für den starken Anstieg der Schwellenwerttemperaturen (HBST) bei den Weibchen verantwortlich gemacht werden. Auch bei den Männchen wird der Verlauf der Entwicklung der Körpertemperaturparameter mit den geschlechtsspezifischen Aktivitätsmustern erklärt. Die Betrachtung der Präzision der Thermoregulation zeigt wiederum Unterschiede zwischen den Geschlechtern, die verdeutlichen, dass die Thermoregulation in der Aktivitätsperiode im Spannungsfeld zwischen den notwendigen saisonalen Aktivitäten und einer Präzision in der Einhaltung der Körpertemperaturparameter steht. Eine mögliche generelle Übertragbarkeit dieser Verhaltensmuster auf Reptilien gemäßigte Breiten wird diskutiert.

Die Analyse der Thermoregulation im Vergleich zum Mikroklima von Habitatstrukturen zeigt, dass der Art im Untersuchungsgebiet eine Reihe unterschiedlichster Habitatstrukturen zur

Verfügung stehen, die ein sehr heterogenes Mikroklima bieten und es der Art im Habitat schnell ermöglichen, die angestrebten Körpertemperaturparameter zu halten.

Die unterschiedlichen Mikroklimaprofile in Bezug zum Nutzen werden diskutiert. Der Vergleich der Körpertemperatur (MT_b & WT_b), der Laufristanzen (LD), Durchschnittliche Habitatstrukturwahl (S) und durchschnittliches Verhalten (V) mit den Temperaturentwicklungen untersuchter Mikrohabitatstrukturen zeigt, dass die Weibchen eine stärkere Bindung an die Entwicklung der Mikroklimaprofile haben als die Männchen. Dies deutet auf eine stärkere Unabhängigkeit der Verhaltensparameter der Männchen im Gegensatz zu den Weibchen hin und auf endogene Stimuli der Verhaltensparameter bei den Männchen. Die stärkere Bindung der Weibchen an Temperaturentwicklungen der Mikrohabitatstrukturen wird mit den physiologischen Belastungen vor und nach der Paarungszeit erklärt.

Die Betrachtung der Thermoregulation im Vergleich mit der generellen Neigung zur Aktivität zeigt, dass diese insgesamt positiv mit der Entwicklung der Körpertemperaturen korreliert ist. Bei der Einzelbetrachtung zeigen sich sowohl geschlechtsspezifische als auch saisonbedingte Unterschiede. Die Gründe für diese Abweichungen werden diskutiert und vor allem mit der saisonbedingten Phänologie erklärt. Deutliche Inaktivität mit nachfolgender hoher Aktivität in Folge hoher Körpertemperaturen wird mit zentralen physiologischen Prozessen in den Geschlechtern erklärt. Der Umstand, dass dies auch bei anderen Arten gemäßigter Breiten dokumentiert worden ist deutet auf eine allgemeine Bedeutung dieser Aktivitäts- und Thermoregulationsabfolge hin.

8. RAUMNUTZUNG

8.1 Einleitung

Die Faktoren Raumnutzung und Habitatselektion determinieren wesentlich das Vorkommen und die Verbreitung von Arten. Dies gilt in besonderem Maß für wechselwarme Arten, wie die Reptilien. Aufgrund ihrer evolutionären Ausgangssituation, der Physiologie, der Thermoregulation, der Phänologie und der Ökologie muss ein potentielles Habitat allen Anforderungen eines Individuums und einer komplex aufgebauten Population gerecht werden (HEATWOLE 1977; SMITH & BALLINGER 2001). Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Habitatselektion ein einseitiger Prozess ist, der die Eignung eines Habitats mit einer simplen „Ja“- oder „Nein“-Antwort entscheidet. Auch Arten zeigen innerhalb bestimmter Grenzen eine Flexibilität in Bezug auf selektierte Habitate, die zu einer Anpassung an die jeweiligen Bedingungen im Habitat führen kann, bzw. dazu führt, dass veränderte örtliche Habitatumstände verschiedenste Veränderung bei einer Art auslösen (HUEY 1974, 1982; GILLIS 1991; KIEFER et al. 2005). Das heißt, dass die Habitatselektion im Einfluss von physiologischen Prozessen, Populationsdynamik und intraspezifischen Hierarchien steht (HOLT 1987; MORRIS 1988; HUEY 1991; PULLIAM & DANIELSON 1991; ROSENZWEIG 1991).

Im konkreten Umfeld soll daher die Habitatnutzung in drei Ebenen betrachtet werden: (1) die individuelle Habitatnutzung, (2) die Habitatnutzung der Population und (3) die Habitatnutzung von Reptilienartengemeinschaften.

- (1) Die Physiologie und die Ökologie von Reptilien sind eng miteinander verzahnt (HUEY & STEVENSON 1979), so dass alle exogenen und endogenen Faktoren, die die Physiologie eines Individuums beeinflussen, auch seinen Überlebenserfolg bestimmen (DUNHAM et al. 1989; BASHEY & DUNHAM, 1997). Verschiedene Habitate können, wie schon gezeigt, seine Thermoregulation beeinflussen (HUEY 1974). Suboptimale Habitatvoraussetzungen können sogar eine effiziente Thermoregulation unterbinden (GRBAC & BAUWENS 2001). Da die Nahrungsumsetzung und die -speicherkapazität auch in Abhängigkeit der Körpertemperatur stehen, kann das Habitat auch die Energiebilanz beeinflussen (ZIMMERMAN & TRACY 1989; VAN MARKEN LICHTENBELT 1993). Die Körpertemperatur beeinflusst somit den gesamten Metabolismus (DIAZ 1994). Die Habitatnutzung kann über die Körpertemperatur auch das Verhalten und Bewegungen eines Individuums steuern, die wiederum von Bedeutung für Prädatorenabwehr oder den Fortpflanzungserfolg ist (WALDSCHMIDT & TRACY 1983). Deswegen konnte nachgewiesen werden, dass Reptilienarten Habitattypen insbesondere in Bezug auf die Fluchtmöglichkeiten vor Prädatoren selektieren (AMO et al. 2003), was auch bei der Westlichen Smaragdeidechse in Bezug auf die hohe Zahl an Sichtbeobachtungen an Grenzlinienstrukturen postuliert worden (BÖKER 1990a).

Habitat- und Mikrohabitatstrukturen können außer in ihrer thermalen Qualität und der Eigenschaft in Bezug auf Prädatoren auch in ihrer Qualität als Nahrungsquelle differieren. Die Kombination der Faktoren bestimmt letztlich die gesamte Lebensstrategie eines Individuums.

An bestimmten Abschnitten der Jahresaktivität kann die Qualität der Auswahl eines bestimmten Habitattyps über den Fortpflanzungserfolg (SHINE 1999) oder eine erfolgreiche Hibernation entscheiden (s. Kap. 6). Trächtige Weibchen selektieren andere Habitattypen als Männchen, um bestimmte Körpertemperaturen stabil zu halten, die einen höheren Fortpflanzungserfolg zur Folge haben (HARLOW & SHINE 1999).

Zu den thermischen Konsequenzen einer Habitatselektion gibt es Untersuchungen (SMITH & BALLINGER 2001). Das Zusammenwirken der Habitatselektion in Bezug auf andere Aspekte (z.B. Räuber/Beute Beziehung) sind noch immer kaum analysiert worden (GREENE 1982; HERTZ et al. 1982; MARTIN & LOPEZ 2002).

- (2) Thermale Bedingungen sind ein zentraler Faktor für die Habitatselektion eines Individuums. Hieraus könnte gefolgert werden, dass diese Bedingung auch für eine Population gilt. Einige Studien konnten jedoch belegen, dass dieser Faktor nicht zwingend für eine ganze Population gelten muss, sondern übergreifende Faktoren wie, z.B. Nahrungsressourcen, Feinddruck oder Verfügbarkeit adäquater Eiablagestellen, für Populationen wichtiger sein können (DIAZ 1997; SHINE et al. 2002). Veränderungen der Mikrohabitatstruktur können gravierende Auswirkungen auf eine Population haben, was vor allem in Bezug auf anthropogene Landschaftseingriffe belegt worden ist und in Europa sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf Arten gehabt hat (BITZ & SIMON 1996; STRIJBOSCH & VAN GELDER 1993). Die unterbliebenen anthropogenen Eingriffe (Brachfallen der Kulturlandschaft) wurden auch bei der Westlichen Smaragdeidechse als zentrale Ursache für Populationsverluste und Gefährdungen gesehen (GRUSCHWITZ 1992; SCHAUSTEN et al. 1993; RYKENA et al. 1996a; SOUND 2001a,b). Auch musste die Art mit Sicherheit seit dem frühen Mittelalter drastische Populationsschwankungen innerhalb ihrer Populationen am Mittelrhein aufgrund von Habitatveränderungen hinnehmen (s. Anhang). Habitatgewinne bzw. -verluste können dabei im Zusammenhang mit, für den Menschen, marginalen Veränderungen auftreten, aber deutliche Auswirkungen auf die Reptilienpopulation haben (SCHLESINGER & SHINE 1994; SHINE et al. 1998; WEBB & SHINE 2000; GERMAINE & WAKELING 2001). Habitatveränderungen können sogar die phänotypischen Merkmale der Nachkommenschaft einer Population beeinflussen (SHINE & DOWNES 1999). Es ist zu erwarten, dass die Arten, die auf Grund von Habitatveränderungen zunehmen, eher

zu den Generalisten gehören, wohin gegen die Spezialisten eher negativ beeinflusst werden (PETREN et al. 1993).

- (3) Zu den klarsten innerspezifischen Interaktionen gehören Räuber-Beute-Beziehungen, die bereits im Vorfeld zu Anpassungen und Reaktionen, insbesondere in Bezug auf die Habitatselektion führen und je nach Artengemeinschaft für eine Art unterschiedlich ausfallen können. Bei der Habitatselektion gehört dabei die präventive Vermeidung von Konfrontationen mit Prädatoren durch gezielte Wahl von Verstecken (DOWNES & SHINE 1998b), die Erkennung und Vermeidung von Prädationsrisiken durch olfaktorische Signale (AMO et al. 2003), die Aufgabe von Habitatteilen (CAMPBELL 1989) und der jahreszeitliche Habitatwechsel (MARTIN & LOPEZ 1998) zu den potentiellen Strategien von Arten. Bei der Westlichen Smaragdeidechse im Mittelrheingebiet besteht ein gegenseitiges Räuber-Beute Verhältnis mit der Schlingnatter in Bezug auf die Jungtiere beider Arten (SOUND 1999; ELBING 2001). Bei den adulten Tiere besteht dies jedoch nicht, und erklärt auch nicht das ausgeprägte Verhalten der Art in Bezug auf die Vermeidung großflächiger offener Standorte und ihre Präferenz deckungsnaher Habitatstrukturen. Das Verhalten deutet auf eine Vermeidungsstrategie zu avifaunistischen Prädatoren hin. Die Selektion verschiedener Habitate wird auch durch die Interaktion mit Parasiten gesteuert. Sie kann dazu dienen, permanente Selbstinfektionen im gleichen Habitat zu vermeiden und, in für Parasiten ungünstigen Habitaten, eine Reduktion des Befalls zu erreichen (SCHALL 1992; TÄLLEKLINT-EISEN & EISEN 1999; SCHALL et al. 2000). Auch bei der Westlichen Smaragdeidechse sind Ektoparasiten (Zecken) und Endoparasiten (Nematoden) bei nahezu allen Freilandpopulationen bekannt, dennoch fehlen zu dem Einfluss von Parasiten auf die Art Studien in Bezug auf die Raumnutzung (RYKENA et al. 1996b). Somit ist die Habitatnutzung auf der Ebene der Reptiliengemeinschaften eine Konsequenz der individuellen Fitness und der Mechanismen der Koexistenz.

In diesem Abschnitt soll die Raumnutzung der Westlichen Smaragdeidechse unter mehreren Gesichtspunkten beleuchtet werden. Die ermittelten Flächennutzungen sollen in Bezug zu den Körperindexwerten, Kopf-Rumpf Länge (KR), Gesamtlänge (GL), Gewicht (G), dem Ektoparasitenbefall und der Dauer der Erhebung der Daten gesetzt werden, um die analysierten Raumgrößen im Hinblick auf die körperliche Konstitution zu betrachten. Da die Raumnutzung männlicher Tiere innerhalb einer Voruntersuchung analysiert wurde und gezeigt hat, dass Männchen der Art in einem System von abgegrenzten Aktionsräumen von durchschnittlich 4052 m² leben (SOUND 1997), soll hier die Raumnutzung männlicher und weiblicher Tiere gegenübergestellt und verglichen werden, um den tatsächlichen Raumbedarf beider Geschlechter zu evaluieren und geschlechtsspezifische Differenzen zu

charakterisieren. Die Raumnutzung beider Geschlechter soll in der Entwicklung über die Jahre beleuchtet werden, um Aussagen zu treffen, über die Kontinuität der Raumnutzung, geschlechtsspezifische Unterschiede und individuelle Charakteristika. Die Voruntersuchungen und weitere Studien haben auch gezeigt, dass auch Grenzlinienstrukturen zwischen zwei Mikrohabitatstypen zu den bevorzugten Aufenthaltsplätzen der Art gehören (BÖKER 1987; SOUND 1997; ELBING 2001). Deswegen sollen Präferenzen der beiden Geschlechter auf den Ebenen Aktionsraum und „Homerange“ (s. 8.2) in Bezug auf bestimmte Grenzlinienstrukturen untersucht werden. Außerdem soll der Frage nachgegangen werden, welchen Einfluss die jahreszeitlich veränderte Insolation in Bezug auf die Raumnutzung der Art hat.

8.2 Methode

Während der Untersuchungsperioden 1997 bis 1999 wurden die Flächen, in denen die Eidechsen telemetriert wurden (vergl. Kap. 5), bis zu zwölfmal täglich begangen und die Aufenthaltsorte der Tiere während der Laufzeit der Sender täglich einmal pro Stunde erfasst. Dabei wurde die geographische Position kartiert. Außerdem wurden, sowohl die jeweiligen Mikrohabitate als auch Grenzlinienstrukturen erfasst. Die Auswertung aller Bewegungen und die Flächenberechnungen erfolgten mit dem Programm AnalySIS[®]. Innerhalb des untersuchten Zeitraums konnten 52 Tiere (24 ♂ und 28 ♀) im Untersuchungsgebiet gefangen werden. Von diesen wurden 24 Tiere (14 ♂ und 10 ♀) radiotelemetrisch auf ihre Raumnutzung untersucht. Zwei adulte Tiere (♀ Nr.14, 1997 und ♂ Nr.25, 1998) verschwanden zwei bzw. vier Tage nach der Freilassung und konnten nicht wieder telemetriert werden. Ein Männchen (Nr.23, 1998) wurde nicht in die Auswertung einbezogen, da es massive Wucherungen, sogenannte Borkengeschwulste, aufwies.

Die Berechnung der Flächengrößen erfolgte auf der Basis der Minimum Convex Polygon Methode (MCP) (ROSE 1980, 1982; KENWARD 1987). Bei der Analyse der Flächennutzung wurde zwischen Aktionsräumen und Homeranges unterschieden. Diese Differenzierung wurde gewählt, um den Aktivitätsformen der Art gerecht zu werden. Als Aktionsräume (AK) wurden die MCPs definiert, die durch die entferntesten Punkte, die die Eidechsen während der Untersuchung erreichten, umschrieben wurden, also alle während der Untersuchung erfassten Aufenthaltsorte beinhalten. Als Homerange (H) wurden die MCPs definiert, die durch die entferntesten Punkte umschrieben wurden, die ein Tier während eines Aufenthaltes um ein Schlupfloch aufsuchte, in dem es sich mehr als einen Tag aufhielt, da als Homerange meistens diejenigen Flächen umschrieben werden, in denen sich ein Tier zu 95% der Zeit aufhält (ANDERSON 1982; WHITE & GARROT 1990).

Zur Analyse der Habitatnutzung wurde der Lebensraum der Eidechsen in fünf verschiedene Strukturen unterteilt. Dabei wurden die verschiedenen Vegetationstypen (s. 3.7) nach ihrer

Struktur und Bodendeckung zusammengefasst, da die Voruntersuchung und weitere Studien gezeigt haben, dass die strukturelle Beschaffenheit des Habitats in Bezug auf Prädatorenschutz und Thermoregulation übergeordnete Kriterien für die Art darstellen (BÖKER 1987; SOUND 1997; ELBING 2001). Diese Unterteilung erfolgte aufgrund von Luftbilddauswertungen und Geländekartierungen. Es wurden folgende Mikrohabitatstrukturen unterteilt:

- Offene Flächen (O): Deckungsfreie Flächen, wie z.B. Äcker, Gartenrasen, Wege, Weinberge oder kurze Wiesen. Außer den anthropogen geschaffenen Flächen sind hier auch die an die angrenzenden Plateauflächen liegenden Salbei-Glatthaferwiesen zu verstehen.
- Heide (H): Mit *Calluna vulgaris*, Zwergginster oder ähnlicher nicht mehr als 30 cm hohe Vegetation. Dies betrifft die Sandginsterheiden im Untersuchungsgebiet.
- Niedriges Gestrüpp (NG): Maximal hüft Hohes, lückenhaftes Gestrüpp oder Gras, welches zumindest teilweise eine Besonnung des Bodens zulässt. Hier sind die Grünlandgesellschaften, die Saumgesellschaften und Besenginstergebüsch zusammengefasst.
- Hohes Gestrüpp (HG): Durch hohe Vegetation voll beschattete Flächen, wie z.B. Haine. Dies bezieht alle aufgeführten Waldtypen, Robinienbestände, Pappelbestände, Gebüschvegetation des *Prunus mahaletum*, des *Pruno-Crategetum*, der Mischformen und teilweise Formationen des *Rubus fruticosus* agg. in dichten geschlossenen Beständen mit ein.
- Felsen (F): Fels oder felsähnliche Flächen wie z.B. Trockenmauern mit Schlupflöchern für die Eidechsen. Darunter sind Felsen und Trockenmauern mit ihren xerothermen Felsgesellschaften und dem Felsenbirnengebüsch zu verstehen.

Zur Analyse der Nutzung der Grenzlinienstrukturen wurden die oben aufgeführten Habitatstrukturen in ihren gegenseitigen Kombinationen in den verschiedenen Nutzungsstufen in den jeweiligen Aktionsräumen vermessen. Dabei wurde jeweils der Übergangsbereich zwischen zwei der oben genannten Mikrohabitatstrukturen als Grenzlinienstruktur definiert.

Von allen Tieren wurde die Kopf-Rumpf Länge (KR) und Gesamtlänge (GL) gemessen und die Tiere wurden gewogen (G). Um den Einfluss des Ektoparasitenbefalls auf die Raumnutzung zu ermitteln, wurde der Befall in vier Kategorien eingeteilt: Kein erkennbarer Befall (0), 1-10 Zecken (1), 10-20 Zecken (2), > 20 Zecken (3). Der Grad des Befalls wurde mit den Aktionsraumgrößen mittels einer Spearman Rangkorrelation verglichen. Dieses statistische Verfahren wurde ebenfalls angewandt, um den Einfluss von Größe, Gewicht und

Telemetrielänge auf die Aktionsräume, die Anzahl und die Größen der Homeranges zu ermitteln.

Der Vergleich der durchschnittlichen Aktionsraumgrößen und Homeranges der Männchen und der Weibchen wurde mit dem Mann-Whitney U-Test (M-W U-Test) durchgeführt. Die Analyse der Mikrohabitatnutzung und Grenzliniennutzung im Vergleich zwischen Männchen und Weibchen wurde mit dem Mann-Whitney U-Test nach Normierung zwischen Null und Eins und Transformation ins ArcSinus Format der Flächendaten durchgeführt.

Die Analyse der Insolation im Vergleich zur Raumnutzung wurde mit dem χ^2 Homogenitätstest rxc-Test mit dem Programm StatXact® durchgeführt. Dabei wurde die potentielle Insolation für jeden Monat von Februar bis Oktober (Aktivitätssaison) im Untersuchungsgebiet berechnet und mit dem Auftreten der Art in den Rasterflächen (DGM 40 m) verglichen (vergl. Kap. 3.6).

8.3 Ergebnisse

8.3.1 Raumnutzung männlicher und weiblicher Tiere

Die Aktionsräume der Tiere zeigten keine einheitliche und erkennbare Orientierung in der Fläche. Sowohl die Aktionsräume verschiedener Männchen als auch Weibchen zeigten keine Abgrenzung voneinander und überlappten stark. Auch zwischen Männchen und Weibchen waren keine Abgrenzungen in den Aktionsräumen erkennbar, welche zum Teil massiv überlappten (Abb. 39).

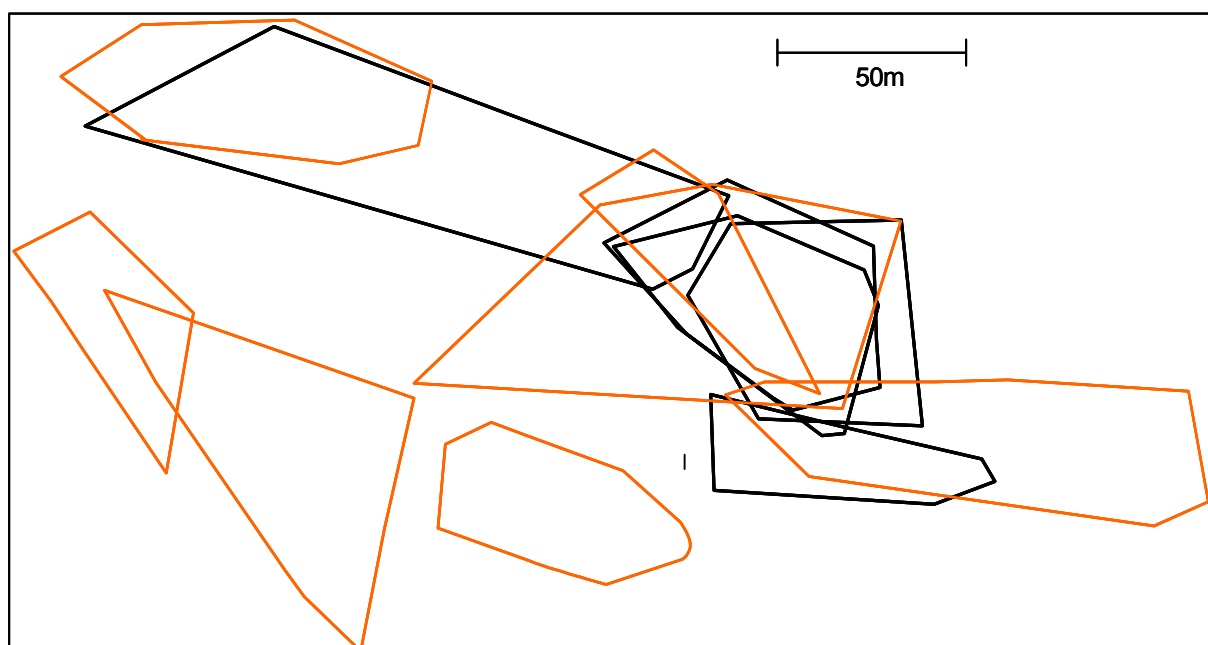


Abb. 39: Exemplarische schematische Darstellung der Verteilung der Aktionsräume von männlichen (schwarze Polygone) und weiblichen (rote Polygone) Smaragdeidechsen im Untersuchungsgebiet im Jahr 1998.

Die nachfolgend aufgeführten Daten beinhalten auch Flächenangaben mehrfach untersuchter Tiere, bei denen die Flächennutzung in jedem Telemetriezeitraum neu bewertet wurde. Die Aktionsräume der Männchen sind durchschnittlich 2620 m² groß, ihre Varianz beträgt 1653,5 (Tab. 32). Die Anzahl der Telemetrietage hat dabei einen positiven Einfluss auf die ermittelten Größen der Aktionsräume (Spearman Rangkorrelations-Test $R = 0,52$, $F = 19$, $p < 0,05$). Das Gewicht der Tiere zu Anfang der telemetrischen Untersuchung hat einen negativen Einfluss auf Größe des Aktionsraums (Spearman $R = -0,48$, $F = 40$, $p < 0,05$). Demgegenüber hat die Kopf-Rumpf Länge der Männchen (Spearman $R = -0,11$, $F = 40$, $p > 0,05$), die Gesamtlänge (Spearman $R = -0,01$, $F = 40$, $p > 0,05$) und der Ektoparasitenbefall (Spearman $R = 0,23$, $F = 40$, $p > 0,05$) keinen nachweisbaren Einfluss auf die Größe des Aktionsraums. Die Größe des Aktionsraums wiederum ist korreliert mit der Anzahl (Spearman $R = 0,51$, $F = 40$, $p < 0,05$) und der Größe (Spearman $R = 0,65$, $F = 40$, $p < 0,05$) der Homeranges. Deren Größen korrelieren mit ihrer Anzahl (Spearman $R = 0,55$, $p < 0,05$) und der Telemetriedauer (Spearman $R = 0,45$, $F = 40$, $p < 0,05$). Sowohl der Ektoparasitenbefall (Spearman $R = 0,20$, $F = 40$, $p > 0,05$), die Kopfrumpflänge (Spearman $R = -0,78$, $F = 40$, $p > 0,05$) und die Gesamtlänge (Spearman $R = -0,06$, $F = 40$, $p > 0,05$) stehen in keinem nachweisbaren Zusammenhang mit den Größen der Homeranges der Männchen und deren Anzahl.

Die Aktionsräume der Weibchen sind durchschnittlich 3700m² groß, ihre Varianz beträgt 4.319.264 (Tab. 33). Die Anzahl der Telemetrietage hat keinen Einfluss auf die Größe der Aktionsräume (Spearman $R = 0,26$, $F = 24$, $p > 0,05$). Die Kopf-Rumpflänge (Spearman $R = -0,17$, $F = 24$, $p > 0,05$), die Gesamtlänge (Spearman $R = -0,13$, $F = 24$, $p > 0,05$) und das Gewicht (Spearman $R = -0,32$, $F = 24$, $p > 0,05$) der Weibchen sind nicht nachweisbar mit den Aktionsraumgrößen korreliert. Die Größe der Aktionsräume wiederum steht in keinem nachweisbaren Zusammenhang mit der Anzahl der Homeranges (Spearman $R = 0,35$, $F = 24$, $p > 0,05$), korreliert aber mit der Größe der Homeranges (Spearman $R = 0,69$, $F = 24$, $p < 0,05$). Die Größe und Anzahl der Homeranges korrelierte weder mit der Kopf-Rumpflänge (Spearman $R = -0,46$, $F = 24$, $p > 0,05$), der Gesamtlänge (Spearman $R = -0,15$, $F = 24$, $p > 0,05$), dem Gewicht (Spearman $R = -0,09$, $F = 24$, $p > 0,05$) noch dem Grad des Ektoparasitenbefalls nachweisbar. Nur bei den Aktionsraumgrößen gab es hier einen Zusammenhang (s.o.).

Der Vergleich der Aktionsräume der Männchen und Weibchen zeigt, dass trotz der unterschiedlichen durchschnittlichen Aktionsraumgrößen beider Geschlechter keine Differenz statistisch belegbar ist (M-W U-Test $Z = -0,95$; $p > 0,05$). Auch bei der Anzahl der Homeranges (M-W U-Test $Z = 0,76$; $p < 0,05$) und deren Größen (M-W U-Test $Z = -0,69$; $p > 0,05$) sind keine Unterschiede belegbar.

Tab. 32: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Männchen; Kopf-Rumpf Länge (KR), Gesamtlänge (GL), Gewicht (G), Größe der Aktionsräume (AK), Anzahl der Homeranges (Anz H), Größe der Homeranges (H)

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
KR	21	11,3	9,2	12,6	0,9
GL	21	27,3	11,2	34,5	5,1
G	21	44,3	23,2	61,2	9,4
Telemetrie Tage	21	57	16,0	141	34,8
AK m ²	21	2620	590,0	5910,0	1653,5
Anz H	21	4,4	2,0	11,0	2,3
H m ²	21	918	93,0	2790,0	837,2
Ektoparasiten	21	1,2	0,0	3,0	0,8

Tab. 33: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte Weibchen; Kopf-Rumpf Länge (KR), Gesamtlänge (GL), Gewicht (G), Größe der Aktionsräume (AK), Anzahl der Homeranges (Anz H), Größe der Homeranges (H)

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
KR	13	11,6	10,0	12,4	1
Ges L	13	27,8	19,20	34,6	23
Gew	13	43,9	24,90	55,1	128
Telemetrie Tage	13	58	17,0	143	1431
AK m ²	13	3700	700,0	6970,0	4.319.264
Anz H	13	3	1	11	6
H m ²	13	1290	102	4140	1.136.202
Ektoparasiten	13	1	1	3	0

8.3.2 Mikrohabitatnutzung

Im Folgenden werden nur die Ebenen Aktionsraum und Homerange der telemetrierten Tiere miteinander verglichen werden. Es waren im Untersuchungszeitraum nachweislich weitere 25 adulte Tiere vorhanden, über die keine Aussagen gemacht werden können. Diese Tiere könnten die Lücken geschlossen haben. Alle statistischen Tests wurden auf der Grundlage der normierten und Arcussinus-transformierten Daten berechnet.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Männchen als auch Weibchen in den Aktionsräumen durchschnittlich alle untersuchten Habitatstrukturen aufsuchen, ausgenommen Heideflächen. Die individuelle Ausformung der Mikrohabitatstrukturen in den Aktionsräumen ist bei beiden Geschlechtern sehr variabel (Tab. 34 & 35), wobei diese Variabilität nur beim Anteil der Heideflächen in den Aktionsräumen bei beiden Geschlechtern unterschiedlich ist (Levene-Test 12,67 $F=32$, $p<0,01$; Browne-Forsythe-Test 9,09, $F=32$, $p<0,01$). Innerhalb der Aktionsräume war nur niedriges Gestrüpp in allen untersuchten Flächen der Männchen zu finden. Alle

anderen Mikrohabitatstrukturen gehörten nicht bindend zum notwendigen Inventar eines Aktionsraums. Bei den Weibchen gehörten nur Heideflächen nicht obligatorisch zum Inventar der Aktionsräume (Tab. 35), alle anderen Mikrohabitatstrukturen konnten mit minimalen Anteilen nachgewiesen werden. Nur offene Flächen (Weinberge/Wege/Vegetationsfreie Flächen) waren in den Aktionsräumen der Weibchen in größeren Anteilen vertreten als bei den Männchen (M-W U-Test $Z = 2,05$; $p < 0,05$). Bei allen anderen Mikrohabitatstrukturen waren keine signifikanten Differenzen erkennbar.

Tab. 34: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Mikrohabitatnutzung der männlichen Tiere in den Aktionsräumen (m²)

	N	Median	Prozentualer Anteil	Minimum	Maximum	Varianz
Niedriges Gestrüpp	21	710	43	189	1836	249581
Offene Flächen	21	240	15	0	1480	154720
Fels	21	300	18	0	870	50204
Hohes Gestrüpp	21	405	24	0	2800	704527
Heide	21	0	0	0	970	123468

Tab. 35: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Mikrohabitatnutzung der weiblichen Tiere in den Aktionsräumen (m²)

	N	Median	Prozentualer Anteil	Minimum	Maximum	Varianz
Niedriges Gestrüpp	13	1050	40	230	2910	685139
Offene Flächen	13	420	16	101	1300	125108
Fels	13	310	12	100	960	57497
Hohes Gestrüpp	13	870	32	80	2600	733323
Heide	13	0	0	0	900	61026

Auf der Ebene der Homeranges zeigt sich, dass die einzelnen untersuchten Mikrohabitatstrukturen, sowohl bei Weibchen als auch bei den Männchen, nicht zu den Homeranges beider Geschlechter gehören müssen. Wie auch bei den Aktionsräumen gehören Heideflächen nicht zwingend zum durchschnittlichen Inventar der Mikrohabitatstrukturen der Homeranges beider Geschlechter (Tab. 36 & Tab. 37). Eine Differenz lässt sich im Anteil an der Mikrohabitatstrukturverteilung, wie in den Aktionsräumen, nur bei offenen Flächen nachweisen (M-W U-Test $Z = -2,91$; $p < 0,01$). Diese Differenz setzt sich auch bei der Varianz fort, die bei den Weibchen größer ist als bei den Männchen (Browne-Forsythe-Test 4,13, $F = 185$, $p < 0,05$). Die Schwankungen der Anteile der Heidestrukturen in den Homeranges sind bei den Weibchen größer als bei den Männchen (Levene-Test 12,54 $F = 185$, $p < 0,001$). Bei allen anderen Strukturen lassen sich keine geschlechtsspezifischen Differenzen in den Schwankungen der Anteile der Mikrohabitatstrukturen nachweisen.

Tab. 36: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Mikrohabitatstrukturverteilung in den Homeranges der Männchen (m²)

	N	Median	Prozentualer Anteil	Minimum	Maximum	Varianz
Niedriges Gestrüpp	94	39,5	73	0	309	6990,4
Offen	94	0	0	0	300	2842,6
Fels	94	5,5	10	0	410	5388,9
Hohes Gestrüpp	94	8,5	17	0	690	17850,5
Heide	94	0	0	0	440	6844,5

Tab. 37: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte der Mikrohabitatstrukturverteilung in den Homeranges der Weibchen (m²)

	N	Median	Prozentualer Anteil	Minimum	Maximum	Varianz
Niedriges Gestrüpp	46	71	55	0	1052	39333
Offen	46	12,5	10	0	331	5489
Fels	46	18,5	14	0	131	1189
Hohes Gestrüpp	46	26	20	0	643	13305
Heide	46	0	0	0	213	1149

Bei der Betrachtung der Unterschiede der Anteile der Mikrohabitatstrukturen auf den Ebenen der Aktionsräume und der Homeranges der Männchen zeigt sich, dass sich die Anteile von niedrigem Gestrüpp (M-W U-Test $Z = -2,18$; $p < 0,05$), offenen Flächen (M-W U-Test $Z = 4,96$; $p < 0,001$), Felsflächen (M-W U-Test $Z = 4,96$; $p < 0,001$) und hohem Gestrüpp (M-W U-Test $Z = 2,87$; $p < 0,01$) verschieben. Nur der Anteil des niedrigen Gestrüpps steigt, während der Anteil der drei anderen Mikrohabitatstrukturen sinkt. Bei den Weibchen bietet sich demgegenüber ein anderes Bild. Nur der Anteil des hohen Gestrüpps differiert in den Homeranges signifikant gegenüber den Aktionsräumen (M-W U-Test $Z = 3,11$; $p < 0,01$) und wird geringer. Bei allen anderen Mikrohabitatstrukturen können keine Differenzen zwischen den Nutzungsebenen belegt werden.

8.3.3 Grenzliniennutzung

Bei der Analyse der Grenzlinienstrukturen wurden alle Homeranges beider Geschlechter ausgeschlossen, die keine Grenzlinienstrukturen aufwiesen. Bei den Männchen waren 18 von 94 Homeranges ohne erfassbare Grenzlinienstrukturen und bei den Weibchen sieben von 46.

Die Ergebnisse zeigen, dass nur lineare Strukturen aus niedrigem Gestrüpp/Felsflächen in allen Aktionsräumen der Männchen vertreten waren und auch den höchsten Anteil der Grenzlinienstrukturen ausmachten (Tab. 38). Lineare Kombinationen von Strukturen mit Heideflächen waren im Mittel nicht in den Aktionsräumen vertreten. Niedriges Gestrüpp in Kombination mit den weiteren Strukturtypen, außer Heidestrukturen, nehmen die größten

Anteile an Grenzlinienstrukturen in den Aktionsräumen der Männchen ein. In den untersuchten Homeranges war keine untersuchte Grenzlinienstruktur zwingend vertreten (Tab. 39). Die Grenzlinienstrukturen in Kombination mit offenen Flächen sind auf der Ebene der Homeranges durchschnittlich nur in der Kombination offene Fläche/niedriges Gestrüpp vertreten. Bei einem Vergleich der Aktionsräume mit der Ebene der Homeranges bestätigt sich, dass dort die offenen Flächen in Kombination mit hohem Gestrüpp (M-W U-Test $Z = 2,71$; $p < 0,01$), niedrigem Gestrüpp (M-W U-Test $Z = 2,07$; $p < 0,05$) und felsartigen Flächen (M-W U-Test $Z = 2,39$; $p < 0,01$) in geringeren Anteilen vertreten sind. Bei allen anderen linearen Strukturen ist keine Verschiebung der Anteile belegbar.

Tab. 38: Zusammenfassende Darstellung der deskriptiven statistischen Werte aller Grenzlinienstrukturen der Männchen in den Aktionsräumen (m); Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

	N	Median (m)	Prozentualer Anteil	Minimum (m)	Maximum (m)	Varianz
O-HG	21	13	3,8	0	149	1745,8
O-NG	21	55	16,4	0	242	2835,7
O-F	21	17	5,1	0	60	435,4
O-H	21	0	0	0	5	2,8
HG-NG	21	104	31	0	308	6691,2
HG-F	21	60	18	0	287	4078,3
HG-H	21	0	0	0	283	5709,7
NG-F	21	85	25,4	6	211	2402,3
NG-H	21	0	0	0	119	1226,8
F-H	21	0	0	0	85	811,9

Tab. 39: Zusammenfassende Statistik der Verteilung der Grenzlinienstrukturen in den Homeranges der Männchen (m); Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

	N	Median (m)	Prozentualer Anteil	Minimum (m)	Maximum (m)	Varianz
O-HG	76	0	0	0	54	107,3
O-NG	76	0,5	4,3	0	48	173,6
O-F	76	0	0	0	99	175,4
O-H	76	0	0	0	5	0,8
HG-NG	76	4,5	39,1	0	55	192,2
HG-F	76	2,5	21,7	0	74	278,7
HG-H	76	0	0	0	79	205,2
NG-F	76	4	34,8	0	74	307,0
NG-H	76	0	0	0	62	93,3
F-H	76	0	0	0	49	90,8

Die Betrachtung der Ergebnisse in Bezug auf die Weibchen zeigt, dass die linearen Kombinationen aus niedrigem Gestrüpp/Felsflächen und niedrigem Gestrüpp/hohem Gestrüpp in allen Aktionsräumen vertreten waren (Tab. 40). Wie bei den Männchen spielen lineare Strukturen in Kombination mit Heideflächen im Mittel (Median) keine Rolle. In den Homeranges war keine der linearen Strukturen obligatorisch vertreten (Tab. 41). Nur noch lineare Strukturen mit niedrigem Gestrüpp in Kombination mit offenen Flächen und hohem Gestrüpp waren im Mittel in den Homeranges vertreten. Bei einem Vergleich der beiden Ebenen Aktionsraum und Homerange zeigt sich, dass nur die Strukturkombination hohes Gestrüpp/Felsen sich in den Anteilen verringert (M-W U-Test $Z = 2,38$; $p < 0,05$). Bei allen anderen linearen Strukturen ist keine Verschiebung der Anteile belegbar.

Tab. 40: Zusammenfassende Statistik der Verteilung der Grenzlinienstrukturen in den Aktionsräumen der Weibchen (m)

	N	Median (m)	Prozentualer Anteil	Minimum (m)	Maximum (m)	Varianz
O-HG	13	37	7,8	0	118	1456,1
O-NG	13	104	22	0	178	2550,3
O-F	13	6	1,3	0	56	422,3
O-H	13	0	0	0	5	3,8
HG-NG	13	134	28,4	42	355	7917,3
HG-F	13	78	16,5	0	241	6401,3
HG-H	13	0	0	0	94	1145,3
NG-F	13	113	24	22	302	8005,9
NG-H	13	0	0	0	42	160,7
F-H	13	0	0	0	19	47,7

Tab. 41: Zusammenfassende Statistik der Verteilung der Grenzlinienstrukturen in den Homeranges der Weibchen (m)

	N	Median (m)	Prozentualer Anteil	Minimum (m)	Maximum (m)	Varianz
O-HG	39	0	0	0	33	62,9
O-NG	39	7	43,8	0	108	516,5
O-F	39	0	0	0	22	27,7
O-H	39	0	0	0	5	0,8
HG-NG	39	9	56,2	0	78	239,1
HG-F	39	0	0	0	52	93,9
HG-H	39	0	0	0	18	18,3
NG-F	39	0	0	0	61	310,1
NG-H	39	0	0	0	48	67,3
F-H	39	0	0	0	12	7,7

Beim Vergleich der Verteilung linearer Strukturen zwischen Männchen und Weibchen auf der Ebene Aktionsräume sind keine Differenzen zwischen den Geschlechtern statistisch belegbar. Auch beim Vergleich der Varianzen zwischen den Geschlechtern können keine Differenzen belegt werden, außer für die Strukturkombination Fels/Heide (Levene-Test 28,32 $F=32$, $p<0,001$; Browne-Forsythe-Test 4,15, $F=32$, $p<0,05$). Der Vergleich auf der Ebene der Homeranges zeigt ein anderes Bild. In den Strukturkombinationen offene Fläche/niedriges Gestrüpp (M-W U-Test $Z=-2,33$; $p<0,05$) und hohes Gestrüpp/Heide (M-W U-Test $Z=2,20$; $p<0,05$) sind Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen nachweisbar. Dafür sind bei den Varianzen keine signifikanten Unterschiede belegbar.

8.3.4 Zeitliche Veränderungen der Raumnutzung

Von den 24 telemetrierten Tieren wurden sieben Männchen und drei Weibchen wiederholt untersucht. Alle Tiere wurden in unterschiedlichen Jahresabfolgen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Aktivitätsperiode telemetriert. Deswegen sind die nachfolgenden Größenangaben nur bedingt vergleichbar und sollen daher nur deskriptiv und beispielhaft an ausgewählten Tieren dargestellt werden. Mit Ausnahme eines Tieres (♂ Nr.11; 1996, 1997 & 1999) wurden alle anderen Individuen maximal in zwei aufeinander folgenden Jahren untersucht. Alle Tiere konnten in den Jahren mit wiederholter Telemetrie innerhalb der im ersten Telemetriejahr festgelegten Aktionsräumen bzw. in angrenzenden Flächen (<50m) wieder erfasst werden. Die Tiere blieben im Umfeld dieser Aktionsräume und erweiterten diese, so dass hier von mehrjährigen Aktionsgroßräumen (AGR) ausgegangen werden kann. Diese waren im Durchschnitt um 2860m² größer als die durchschnittlicher Aktionsraumgröße der Männchen und um 1580m² größer als die der Weibchen (Ø Aktionsraumgröße ♂ 2620m² & ♀ 3700m²). Der durchschnittliche Kernlebensraum, also die Schnittfläche aller Aktionsräume,

war im Mittel 830m² und damit kleiner als die durchschnittlichen Homerangegrößen der beiden Geschlechter (Ø ♂ 918m² & ♀ 1290m²). Sowohl die durchschnittliche Anzahl als auch die Gesamtgrößen der Homeranges (ohne Nr.11) spiegeln die durchschnittliche Anzahl und die Größe der Homeranges für die Einzeljahre wieder (Ø Anzahl ♂ 4,4 Homeranges & ♀ 3 Homeranges) (Tab. 42).

Tab. 42: Zusammenfassende Darstellung der Raumparameter der über mehrere Jahre telemetrierten Tiere

	Nr.5♂	Nr.6♂	Nr.8♂	Nr.10♂	Nr.11 ²⁾ ♂	Nr.12♂	Nr.26♂	Nr.17♀	Nr.18♀	Nr.20♀	Ø
AGR (m ²)	4390	9780	2930	3070	5550	3530	6970	4200	3070	11260	5480
Kernraum (m ²)	450	1600	760	60	700	320	2420 ¹⁾	550	1090 ¹⁾	300	830
Anzahl der Homeranges	7	11	8	9	16	4	9	6	6	6	7,6
Σ Homerange (m ²)	1510	2690	940	650	4780	560	5260	1670	1940	2290	2230

¹⁾ vollständige Überlappung von einem der Aktionsräume in dem anderen

²⁾ Telemetriert über drei Jahre

Männchen Nr.11 wurde 1996, 1998 und 1999 telemetriert (Abb. 46). Im Jahr 1996 erfolgte die radiotelemetrische Untersuchung ab dem 7.09.1996, also im Spätsommer, was die unterdurchschnittliche Größe des Aktionsraums (870m²) aufgrund der reduzierten Aktivität erklärt. Im Jahr 1998 (7.05.1998) und 1999 (9.05.1999) erfolgte die Erfassung ab Anfang Mai für 141 respektive 94 Tage. Diese überdurchschnittlichen langen Telemetriezeiträume spiegeln sich auch in den Größen der Aktionsräume wieder (1998: 3570m², 1999: 3600m²). Sie zeigen jedoch auch, dass das Tier sich über vier Jahre konstant in einem AGR aufhielt. Bei der Betrachtung der Lage und der zeitlichen Abfolge der Homeranges zeigt sich, dass diese in allen Untersuchungsjahren im zentralen Kernraum, vor allem in Monaten Mai und September lagen, und dass das Tier seine Homeranges in den Monaten Juni, Juli und August in nördlicher Richtung bzw. nordwestlicher Richtung am Ellingsweg mit einem stärkeren Bezug zum Plateau der Hauptterrasse verlagerte (Abb. 40). Diese Flächen sind in der Jahresgesamtsumme durch eine geringere potentielle Insolation gekennzeichnet, die in den Monaten Juni, Juli und August jedoch nicht zum tragen kommt, da in diesem Zeitraum auf dem Plateau der Hauptterrasse eine ähnliche potentielle Insolation vorherrscht, wie im Steilhang (161-170 KW/h m²). Ein analoges Verhalten eines weiteren Männchens (Nr.26) konnte auch beobachtet werden.

Weibchen Nr.20 wurde mit Beginn der Paarungszeit 1998 (9.05.1998) und 1999 (27.4.1999) telemetriert. Bis Anfang Juni beider Untersuchungsjahre verblieb das Tier trächtig im Übergangsbereich des Steilhangs zur vorderen Hauptterrasse und migrierte dann in beiden

Jahren 101 bzw. 184m hangabwärts in den Randbereich eines Weinbergs. Dort verblieb es 3 bzw. 19 Tage und kehrte dann in den ursprünglichen Homerangebereich zurück (Abb. 41). Bei der Rückkehr in diesen Bereich war keine Trächtigkeit mehr erkennbar. Eine Eiablagestelle konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Ein ähnliches Verhalten konnte auch beim Weibchen Nr.17 im Jahr 1998 beobachtet werden.

Die Männchen Nr.5, 6, 10 und 12 und Weibchen Nr.18 verblieben während aller Untersuchungsjahre in ihren Aktionsräumen und zeigten eine räumlich/zeitlich heterogene Anordnung der Homeranges ohne dass gerichtete Muster erkennbar waren.



Abb. 40: Lage der Aktionsräume (kräftige Linien) und Homeranges (feine Linien) von Männchen Nr.11 im Jahr 1996 (blaue Polygone), 1998 (rote Polygone) und 1999 (schwarze Polygone); AGR 5550m², Kernfläche über alle Jahre 700m²; Lage der Homeranges im Juni, Juli und August (schwarze Kreise) und Mai, September und Oktober (rote Kreise).

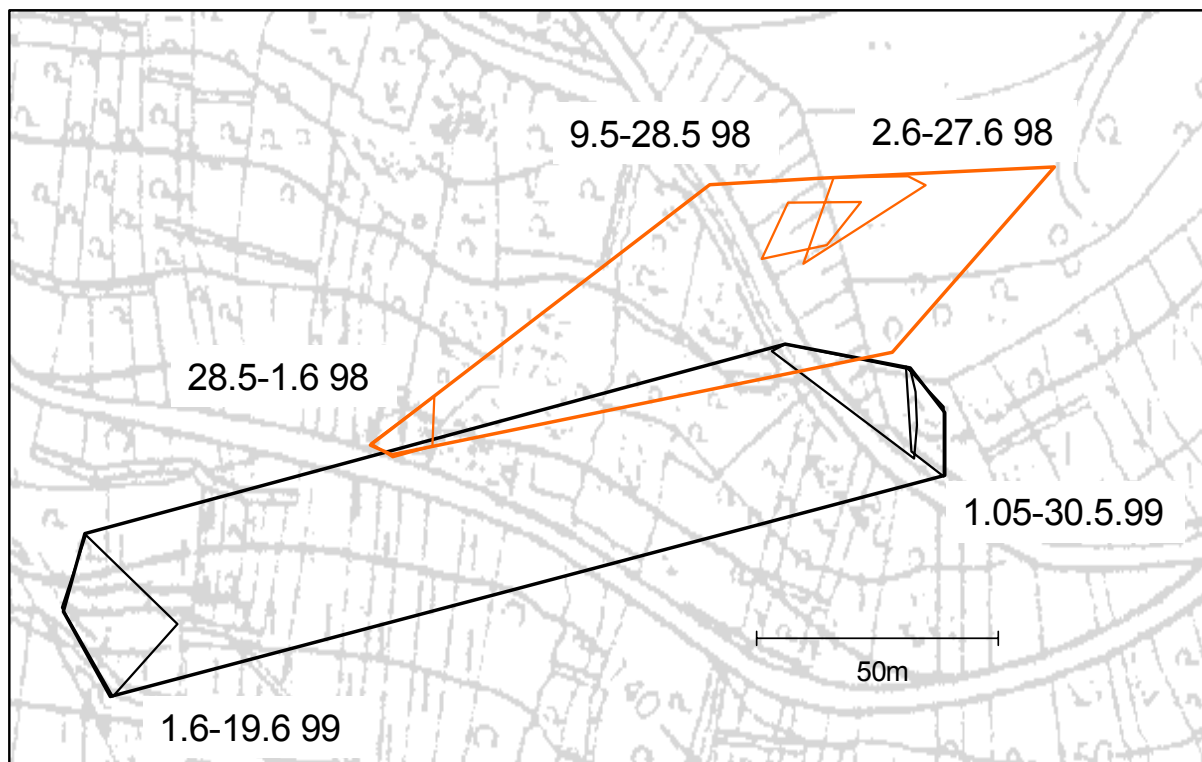


Abb. 41: Lage der Aktionsräume (kräftige Linien) und Homeranges (feine Linien) von Weibchen Nr.20 im Jahr 1998 (schwarze Polygone) und 1999 (rote Polygone); AGR 11260m², Kernfläche über alle Jahre 300m²;

8.3.5 Raumnutzung im Vergleich zur potentiellen Insolation

Die Analyse der Insolation des Untersuchungsgebietes wurde auf der Basis von 40m Rastern des digitalen Höhenmodells im Maßstab 1:5000 erstellt (pers. Mitt. ZUTZ 2005). Die dadurch abgegrenzten Raster haben eine Größe von jeweils 1.600m². Wegen der topographisch schwierigen Bedingungen wurden einfache Sichtungen aus den jeweiligen Untersuchungsmonaten in den Rastern als positive Nachweise gewertet. Eine Gewichtung der Fundhäufigkeiten oder phänotypischen Unterschiede erfolgte wegen der schlechten und unzuverlässigen Erfassbarkeit nicht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Art verstärkt in Flächen mit hoher potentieller Insolation vorkommt (Abb. 42). Die Betrachtung der Monate, in denen die Smaragdeidechse aktiv im Gebiet nachgewiesen werden konnte, zeigt, dass ein Zusammenhang zwischen den Nachweisen der Art und der Verteilung der Insulationsstärke im Gebiet in den Monaten Februar bis April und August bis Oktober hergestellt werden kann, in den Monaten Mai bis Juli jedoch nicht (Tab. 43). Ihr Auftreten ist in diesen Monaten anscheinend unabhängig davon. Insbesondere im Westteil des Gebietes mit hohem Felsanteil, schuttreichen Böden und einer Süd-südwest Exposition kann die Art während der gesamten Aktivitätsperiode nachgewiesen werden. Die Nachweise folgen der im Jahresverlauf zunehmenden Insolation in den Ostteil des Gebietes. Die Fundpunkte um das Gebiet des Grauertskopfes sind das Ergebnis der

Kartierung von vier subadulten Tieren und einem adulten Tier. Es ist also fraglich, ob es sich hierbei um einen dauerhaften Teil der Population oder um migrierende Tiere handelt. Trotz der einheitlichen Insulationsstärke in weiten Bereichen des Steilhangs und des Plateaus der vorderen Hauptterrasse in den Monaten Juni und Juli konnten auf dieser keine Nachweise erbracht werden (Abb. 42).

Tab. 43: Ergebnisse des χ^2 Homogenitätstest (rxc-Test), Vergleich der potentiellen Insolation mit der Verteilung der positiven Nachweise der Westlichen Smaragdeidechse auf der Basis der Monate mit Aktivität und der Jahresgesamtsumme der Raster mit positiven Nachweisen

	χ^2	FG	P
Februar	21,82	3	>0,001
März	8,764	3	>0,05
April	13,08	3	>0,01
Mai	0,3305	2	=0,847
Juni	0,864	2	=0,649
Juli	0,1196	1	=0,729
August	13,72	3	>0,01
September	26,93	3	>0,001
Oktober	11,1	3	>0,01
Jahressumme	32,47	10	>0,001

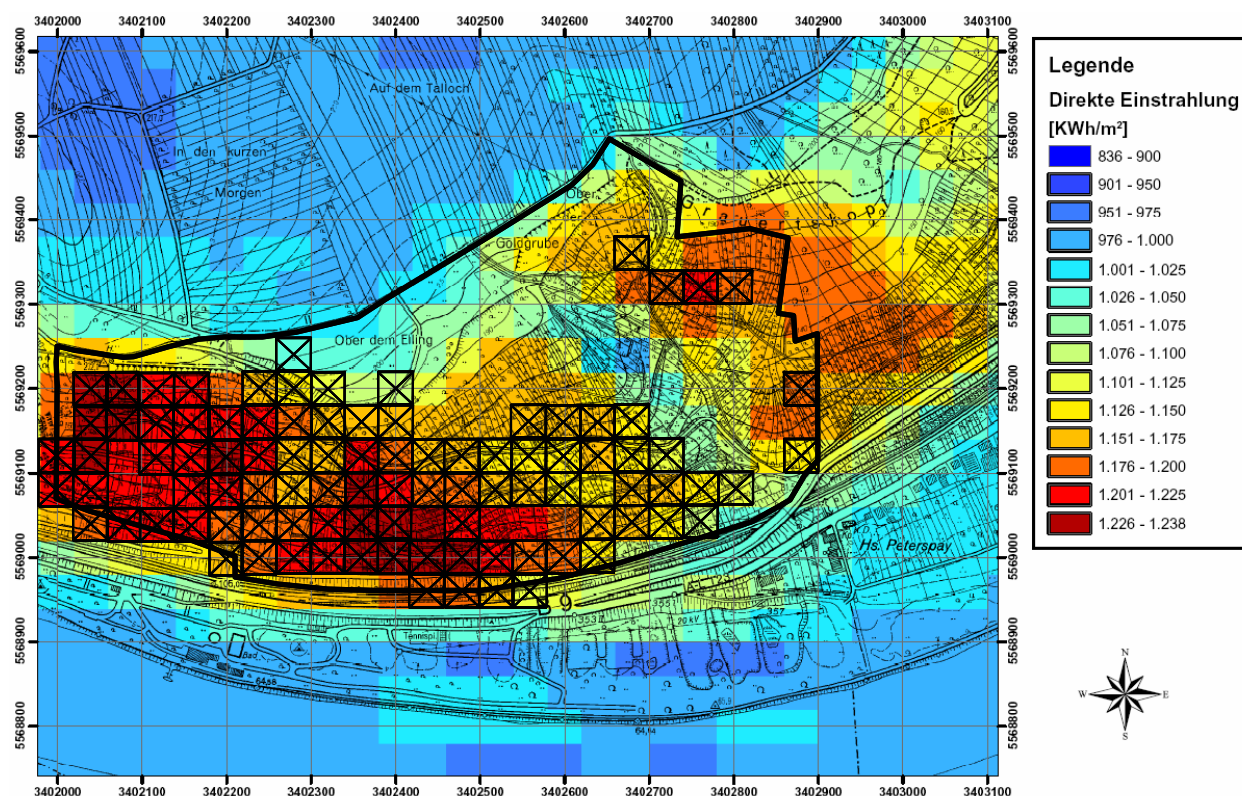


Abb. 42: Auftreten der Westlichen Smaragdeidechse (markierte Raster) im Untersuchungsgebiet im Vergleich zur Verteilung der potentiellen Jahresinsolation (auf der Basis 1:5000, verändert nach A. ZUTZ 2005)

8.4 Diskussion

Die Ergebnisse müssen in Bezug auf die Gegebenheiten unter denen die Raumnutzung analysiert wurde kritisch betrachtet werden. Alle Tiere wurden opportunistisch ausgewählt. Das heißt, dass Individuen unabhängig von ihrem Alter und Geschlecht mit Sendern ausgestattet und telemetriert wurden. Zudem wurden alle Tiere zu verschiedenen Zeitpunkten in der Aktivitätssaison in die Studie einbezogen. Dies kann jedoch gravierende Auswirkungen auf die Ergebnisse haben, da beispielsweise Telemetriephasen im Spätsommer (August & September) zu Zeitpunkten durchgeführt wurden, an denen die Aktivität der Adulti nachlässt (s. Kap. 8.3.4). Dies hat Konsequenzen für die Größe der von den Tieren beanspruchten Räume. Diesem Fehler könnte entgegengewirkt werden, wenn unter standardisierten Bedingungen untersucht würde. Das heißt, dass alle Tiere zum gleichen Zeitpunkt gefangen und mit Sendern ausgestattet werden müssten, um dann in einheitlichen Zeiträumen und mit klar definierten Start und Endpunkten untersucht zu werden. Diese Bedingungen konnten nicht erfüllt werden, da wegen der verfügbaren Zeit und schlechter Witterung die Fangquoten und die Zahl der Sichtungen zu gering waren. Dennoch liefern die gewonnen Daten in dieser Form erste Hinweise zur Interpretation der Raumnutzung und strukturellen Verteilung im Habitat.

Alter und Status der untersuchten Tiere in der Population waren nicht bekannt. Populationen der Westlichen Smaragdeidechse sind hierarchisch aufgebaut, sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen (ELBING 2001). Die Weibchen sind in geringerem Maße aggressiv als die Männchen. Dennoch hat die Territorialität der dominanten Tiere zur Folge, dass jüngere und schwächere Tiere bei der Konkurrenz um Paarungspartner und optimale Reviere von dominanten Tieren an den Rand der Population oder in suboptimale Flächen verdrängt werden (NIEHUIS & SOUND 1996). Bei den untersuchten Tieren konnte keine Einschätzung über die Stellung der Individuen in der Population vorgenommen werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese einen erheblichen Einfluss auf die ermittelten Ergebnisse hat und somit alle Tiere grundsätzlich individuell betrachtet werden müssten. Dieser methodische Fehler könnte durch eine hohe Anzahl untersuchter Individuen ausgeglichen werden, was jedoch innerhalb einer solchen telemetrischen Studie aufgrund der begrenzten Arbeitskapazität mit der möglichen Beobachtungsfrequenz (eine Beobachtung pro Individuum pro Stunde) nicht durchführbar ist.

Die Standortbestimmung der untersuchten Tiere erfolgte aufgrund von subjektiver Schätzungen der Standorte der Tiere in Bezug zum vorliegenden Kartenmaterial. Dies führt zu einer Verzerrung der Ergebnisse bezüglich der Flächengrößen. Ein solcher methodischer Fehler könnte durch GPS referenzierte Standortbestimmungen vermieden werden.

Zur Auswertung wurden Luftbilder im Maßstab 1:10.000 und Karten im Maßstab 1:5.000 herangezogen. Dies führt bei der Einordnung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse

zu weiteren methodischen Fehlern, die durch Auflösungsungenauigkeiten der Luftbilder und Kartenverzerrungen ausgelöst werden.

8.4.1 Raumnutzung männlicher und weiblicher Tiere

Die Ergebnisse der Raumnutzungsanalyse zeigen, dass kein Zusammenhang zwischen den Körperlängenmaßen, den Aktionsraumgrößen oder den Homerangegrößen besteht. Das Gewicht hat einen negativen Einfluss auf die Aktionsraumgrößen. Diese Ergebnisse sind insofern überraschend, als weitere Studien deutliche positive Zusammenhänge zwischen den Körpermaßen, dem Gewicht und der Größe der genutzten Räume aufgezeigt haben (TURNER et al. 1969; CHRISTIAN & WALDSCHMIDT 1984; POUGH et al. 2001; PERRY & GARLAND 2002). Erklärt wurde dieser Zusammenhang mit den notwendigen Nahrungsressourcen der größeren Tiere (STAMPS 1977, STAMPS et al. 1994, POUGH et al. 2001; PERRY & GARLAND 2002). Der fehlende Zusammenhang, bzw. beim Gewicht sogar negative Zusammenhang mit dieser für sehr viele Eidechsenarten gültigen Regel könnte in der Tatsache liegen, dass die untersuchten Tiere dieser Studie in verschiedenen Phasen der Aktivitätsperiode telemetriert wurden und die Anfangsgewichte in Bezug zu den Raumgrößen gesetzt wurden. Dies wird deutlich, wenn man das Gewicht der vier schwersten Männchen (52,9g - 61,2g) vergleicht mit den Telemetriezeiträumen (erstes der vier Tiere im Untersuchungsjahr 1997 ab dem 24.08) und dazu die Aktionsraumgrößen dieser Tiere betrachtet, die alle unter 1000 m² lagen. Lässt man diese Tiere weg, steigen die Aktionsraumgrößen der Männchen deutlich an ($\bar{x}$ 3100m², n=18), ohne einen signifikanten Zusammenhang mit den Körpermaßen und dem Gewicht aufzuzeigen. Diese Interpretation ist auch auf die Homeranges übertragbar.

Die Telemetriezeiträume stehen in einem Zusammenhang mit der Größe der Aktionsräume und der Homeranges der Männchen. Dieses Ergebnis impliziert, dass das Verhältnis von Erfassungszeitraum und Entwicklung der beiden Raumgrößen keine Sättigung erreicht hat, wie dies von ROSE (1980, 1982) postuliert wurde. Ohne die vier oben genannten Tiere ist jedoch dieser Zusammenhang nicht mehr erkennbar (AK Spearman Rangkorrelations-Test $R=0,27$, $F=15$, $p>0,05$; H Spearman Rangkorrelations-Test $R=0,25$, $F=15$, $p>0,05$), d.h. dass auch dieses Ergebnis auf die unterschiedlichen Telemetriezeiträume zurückzuführen ist. Auch bei den Weibchen kann kein Zusammenhang zwischen den Körpermaßen und dem Gewicht und der Entwicklung der beiden Raumgrößen nachgewiesen werden, was vermutlich ebenfalls auf die unterschiedlichen Telemetriezeiträume zurückzuführen ist. Die telemetrierten Raumgrößen von Männchen und Weibchen zeigen keine signifikanten Differenzen. Auch dieses Ergebnis ist überraschend, da weitere Studien belegen konnten, dass Männchen bei vielen Arten größere Aktionsräume und Homeranges als die Weibchen aufweisen (STAMPS et al. 1994; POUGH et al. 2001; PERRY & GARLAND 2002). Dies wird bei Männchen auf die starke Territorialität zurückgeführt, deren Aktionsräume mit denen mehrerer Weibchen, speziell zur Paarungszeit überlappen. Bei vielen Arten, darunter nahezu alle lacertide Eidechsen, zeigen

Weibchen eine im Vergleich zu den Männchen schwache Territorialität und auch eine gegenüber den Männchen reduzierte Aggressivität (STAMPS 1977).

Auch der Ektoparasitenbefall zeigt keinen Zusammenhang mit der Größe der Aktionsräume, Größe der Homeranges und Anzahl der Homeranges. Hier hätte man erwarten können, dass der Infektionsgrad einen positiven Einfluss auf die beiden Raumgrößen und die Anzahl der Homeranges hat, da vermutet werden könnte, dass durch ein Aufsuchen neuer Flächen der Ektoparasitenbefall verringert wird. Weitere Untersuchungen zeichnen in Bezug auf den Effekt des Parasitenbefalls auf die Habitatnutzung ein heterogenes Bild. Zum Teil konnte belegt werden, dass durch einen Habitatwechsel der Parasitenbefall aktiv verringert wird (TÄLLEKLINT-EISEN & EISEN 1999). Andere Studien zeichnen hier ein gegensätzliches Bild (z.B. bei *Sceloporus virgatus*, SMITH 1996) und erlauben keine Aussage über eine allgemeine Tendenz zum Einfluss von Parasiten auf die Raumnutzung (SMITH & BALLINGER 2001). Im Zusammenhang mit der vorliegenden Studie konnte kein Effekt dargestellt werden, was unter Umständen auf die kategorisierende Erfassung des Zeckenbefalles zurückzuführen ist. Dieses Ergebnis könnte jedoch auch ein Beleg für einen zu vernachlässigenden Einfluss dieses Faktors in Bezug auf die Raumnutzung sein.

8.4.2 Mikrohabitatnutzung

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die Mikrohabitatstrukturen im Gelände nicht vermessen wurden, sondern aufgrund von Luftbildern und Kartierungen ausgewertet wurden. Zudem sind die meisten Strukturen nicht strikt von anderen abgegrenzt und haben fließende Übergänge. Dies führt in der Realität dazu, dass beispielsweise hohes Schlehengestrüpp durch Rhizomausläufer abgestuft an Felsflächen ausläuft. Hier besteht eine intermediäre Zone, die keiner der Strukturen zugeordnet werden kann, aber subjektiv dem Strukturtyp hohes Gestrüpp/Fels zugeordnet worden ist. Strukturen unter 2 m² Größe konnten nicht erfasst werden. Da die Art aufgrund ihrer Größe auch deutlich kleinere Strukturen nutzt, deren Diversität jedoch nicht erfasst werden kann, muss auch dies nachfolgend berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl bei Männchen als auch bei Weibchen mit Ausnahme der Heideflächen durchschnittlich alle kartierten Mikrohabitattypen in den Aktionsräumen vertreten waren. Dies kann zum einen auf die heterogene Verteilung dieser Vegetationsstruktur im Untersuchungsgebiet zurückgeführt werden (s. Kap. 3.7), zum anderen auf eine Vermeidung dieses Strukturtyps, welche bereits nachgewiesen wurde (SOUND 1997; ELBING 2001). Die Aktionsräume, wie auch die Homeranges, der Weibchen wiesen einen höheren Anteil an offenen Flächen auf, als die der Männchen, was in Zusammenhang mit der Thermoregulation der Weibchen und den höheren Temperaturniveaus offener Flächen stehen könnte (s. Kap. 7).

Da Eiablageplätze an offenen Flächen mit schwacher Beschattung und geringem Bewuchs detektiert wurden (NETTMANN & RYKENA 1984; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001), könnte dies auch eine Erklärung für die höheren Anteile dieser Struktur in den Aktionsräumen der Weibchen sein.

Niedriges Gestrüpp nimmt einen hohen Stellenwert in den Aktionsräumen beider Geschlechter ein. Dieser Habitattyp birgt für die Art thermale Qualitäten, er dient als Nahrungsressource und offeriert eine Schutzfunktion, d.h. die Tiere können dort ihre Aktivitäten durchführen unter Beachtung ihrer Sicherheitsbedürfnisse (BÖKER 1992; NIEHIUS & SOUND 1996; ELBING 2001). Diese Qualitäten und die hohen Anteile dieses Habitattyps in den Lebensräumen konnten auch bei anderen Arten nachgewiesen werden (GERMANO & HUNGERFORD 1981; HOUSE & SPELLERBERG 1983; KORSÓS & GYOVAI 1988; MARTIN & LOPEZ 1998; AMAT et al. 2003). Auch die Tatsache, dass weitere Mikrohabitatstrukturen in ihren Anteilen nicht bei beiden Geschlechtern differierten, konnte für andere Arten belegt werden (AMAT et al. 2003). Der Vergleich der Verschiebung der Anteile der Mikrohabitatstrukturen bei den Männchen und Weibchen zeigt ein anderes Bild, als auf der Ebene der Homeranges. Während sich bei den Männchen der Anteil an niedrigem Gestrüpp erhöht, gehen neben den offenen Flächen die Anteile von Felsflächen und hohem Gestrüpp zurück, so dass niedriges Gestrüpp fast $\frac{3}{4}$ des genutzten Raums ausmacht. Die Anteile der Mikrohabitatstrukturen setzen sich bei den Weibchen gleichmäßiger in den Homeranges fort. Da die Homeranges diejenigen Flächen darstellen, in denen sich die Individuen zu 95% aufhalten (ANDERSON 1982; WHITE & GARROT 1990) kommen auf dieser Ebene Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen am prägnantesten zum Ausdruck. Die hier erkennbaren geschlechtsspezifischen Unterschiede könnten auf die unterschiedlichen Jahresaktivitäten und die daraus resultierenden physiologischen Bedürfnisse zurück zu führen sein, wie dies auch bei verwandten Arten postuliert wurde (GRAMENTZ 1996; AMAT et al. 2003).

8.4.3 Grenzliniennutzung

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Grenzlinienstrukturen muss beachtet werden, dass die Vermessungen der linearen Strukturen aufgrund von Luftbilddauswertungen und Geländekartierungen erfolgt sind. Die Flächen wurden im Gelände nicht vermessen, daher muss dies als potentielle Fehlerquelle bei der Interpretation berücksichtigt werden. Außerdem konnten keine Strukturen unter zwei Meter Länge mit der angewandten Methodik vermessen bzw. berücksichtigt werden. Da die Westliche Smaragdeidechse in der Realität auch deutlich kleinere Strukturen nutzen kann (z.B. 50cm breite offene Stellen im Gestrüpp), die real auch Grenzlinienstrukturen darstellen, die zudem im Verlauf einer Vegetationsperiode sich dynamisch verändern und auch durch dauerhafte Benutzung von den Tieren verändert

werden, können die Ergebnisse nur als grobe Betrachtung dieses Habitatelements gesehen werden.

Die Analyse der Nutzung von Grenzlinienstrukturen zeigt eine geschlechtsspezifisch differenzierte Nutzung von Teilen der Strukturen erst auf der Ebene der Homeranges. Bei den Aktionsräumen beider Geschlechter ist kein Unterschied zwischen den Geschlechtern nachweisbar. Dies könnte auf den hohen Strukturreichtum im Untersuchungsgebiet und die Aktionsraumgrößen zurückzuführen sein, da dadurch viele Strukturen zufällig im Gebiet verteilt sind, ohne dass sie aktiv genutzt wurden. Niedriges Gestrüpp in Kombination mit allen anderen Strukturen, ausgenommen Heide, nimmt bei beiden Geschlechtern hohe Anteile in den Aktionsräumen ein. Heidestrukturen treten im Untersuchungsgebiet lokal begrenzt auf (s. Kap. 3.7), so dass die Kombination von niedrigem Gestrüpp mit Heide in den Aktionsräumen nur gering ausgeprägt ist (Σ 425m) im Gegensatz zu niedrigem Gestrüpp mit Fels (Σ 1776m). Dies könnte erklären, warum diese Struktur aufgrund der Lage und Ausprägung im Untersuchungsgebiet in den Aktionsräumen nicht vertreten ist. Der Anteil offener Flächen in Kombination mit anderen Strukturen ist auf der Ebene der Homeranges bei den Männchen verringert. Hier setzt sich das Ergebnis der Mikrohabitatstrukturnutzung fort und könnte ein Abwehrverhalten gegen Prädatoren, durch Vermeidung potentiell risikobehafteter Strukturen, andeuten, wie es auch von anderen Arten praktiziert wird (MARTIN & LOPEZ 1998; AMO et al. 2003). Da Männchen der Westlichen Smaragdeidechse im Durchschnitt größer und schwerer als Weibchen sind (NETTMANN & RYKENA 1984; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001), birgt dies bei dieser Art Nachteile bei offenen Flächen bei der Flucht vor Prädatoren. Diese kann durch die Vermeidung solcher linearer Strukturen minimiert werden (VANHOODYDONCK et al. 2002). Die Untersuchungen von VANHOODYDONCK et al. (2002) zeigten, dass kleinere, leichtere Arten, bzw. Individuen in Bezug auf die Fluchtbewegung im offenen Gelände aufgrund der Bewegungsphysiognomie im Vorteil sind und dass der Bewegungsablauf von Männchen der Westlichen Smaragdeidechsen schnelle Bewegungen vor allem in an Gestrüpp reichem Gelände erlaubt. Für die Weibchen dürfte dieser Nachteil der offenen Strukturen nicht so gravierend ins Gewicht fallen, wie bei den Männchen. Außerdem könnten offene Stellen am Rand von Gestrüppstrukturen potentielle Eiablagestellen darstellen (BÖKER 1992; RYKENA et al. 1996a).

8.4.4 Zeitliche Veränderungen der Raumnutzung

Die Betrachtung der Ergebnisse der zeitlichen Veränderungen der Raumnutzung zeigen, dass Männchen und Weibchen eine Ortstreue zeigen. Dabei werden in großräumigen Bereichen (AGR) Habitate über mehrere Jahre genutzt, wobei alle untersuchten Tiere die Aktionsräume in den Folgejahren erweiterten. Die Größen der Aktionsräume entsprechen den ermittelten

durchschnittlichen Aktionsraumgrößen beider Geschlechter für Einzeljahre. Auch die durchschnittliche Anzahl der Homerages und die Homerangegröße liegt im Rahmen der Werte der Einzeljahre. Bei der Einzelbetrachtung der Tiere zeigt sich ein differenziertes Bild. Bei den Weibchen konnte in zwei von drei Fällen ein Verhalten beobachtet werden, das in ähnlicher Form für *L. vivipara* (STRIJBOSCH 1995, pers. Mitt.) beobachtet wurde. Demnach neigt ein Teil der Weibchen aus der Studie von STRIJBOSCH (1995) aus einer Population kurz vor der Eiablage im Mai zur Migration in einen anderen Teil der Population, dabei werden im Durchschnitt 161m zurückgelegt. Nach der Eiablage kehren die Tiere in die ursprünglichen Habitate zurück. Die beiden Weibchen Nr.17 und Nr.20 zeigten große Parallelen zu dem beschriebenen Verhalten. Nr.20 führte dieses Verhalten über zwei Jahre gegen Ende Mai durch (Abb. 47), welches als temporäre Migration bezeichnet werden könnte. Dieses Verhalten könnte mit dem Aufsuchen von günstigen Eiablagestellen erklärt werden, wie dies auch für viele Reptilienarten und andere Vertebraten beschrieben wurde (DINGLE 1996). Weibchen Nr.18 zeigte in den zwei untersuchten Telemetriejahren kein derartiges Verhalten, wie auch alle anderen nur einmalig telemetrierten Weibchen. Dass nur zwei von insgesamt zehn untersuchten Weibchen dieses Verhalten zeigten, stimmt mit der Untersuchung von STRIJBOSCH (1995) überein, bei der ebenfalls nur 10-20% aller Weibchen zur Eiablage die angestammten Habitate verließen und wieder zurückkehrten.

Bei den untersuchten Männchen konnte eine Migration über größere Distanzen (>100m pro Tag) nur zur Paarungszeit beobachtet werden und könnte mit der Suche nach Weibchen erklärt werden (STRIJBOSCH 1995; DINGLE 1996). Männchen Nr.11 und Nr.26 zeigten eine saisonale Verlagerung der Homeranges nach der Paarungszeit, was zum einen mit einem Abwanderungsverhalten aus Zentren der Paarungsaktivität, einer Etablierung von neuen Jagdflächen oder einer Verlagerung der Homeranges in Randbereiche der Population aufgrund gleichmäßig hoher Insolation im Juni und im Juli erklärt werden könnte („Movers“, STRIJBOSCH 1995). Die Aktionsräume beider Männchen lagen im Übergangsbereich vom Steilhang auf das Plateau der vorderen Hauptterrasse. Bei allen anderen Männchen, die über zwei Jahre untersucht wurden, deren Aktionsräume sich zentraler im Steilhang befanden, konnte keine gerichtete Verlagerung der Aktionsräume beobachtet werden, was andeutet, dass auch dieses Verhalten nicht verallgemeinert werden kann. Zu beachten ist hierbei, dass die Dominanz der Männchen in der Population nicht bewertet werden konnte. Diese könnte jedoch eine wichtige Rolle spielen insofern, als dass sich dominante Tiere freier im Raum bewegen können. Insgesamt zeigen die über mehrere Jahre untersuchten Tiere eine individuelle Konstanz in der Raumnutzung und in den saisonalen Variationen der Verhaltensweisen.

8.4.5 Raumnutzung im Vergleich zur potentiellen Insolation

Die Ergebnisse des Vergleichs der Jahresgesamtinsolation mit der Verbreitung der Art, auf Rasterbasis, im Untersuchungsgebiet zeigten einen deutlichen Zusammenhang. Dies bestätigt die Auffassung einiger Studien, dass die Aktivität der Art stärker mit der Sonneneinstrahlung korreliert ist als mit hohen Temperaturen (WEBER 1957; ELBING 2001). Bei der Einzelbetrachtung der Ergebnisse zeigt sich ein differenziertes Bild. In den Frühjahrsmonaten Februar bis April und in den Spätsommermonaten August bis September zeigt die Verbreitung der Art im Untersuchungsgebiet eine klare Bindung an Flächen mit einer hohen Insolation und kann auch nur in diesen Rastern belegt werden. In den Monaten Mai bis Juli besteht kein Zusammenhang zwischen der Verbreitung der Art und diesem abiotischen Faktor. Das bedeutet, dass die Bindung an die Insolation nur in der Früh- und Spätphase der Aktivität eine Rolle spielt. Dies wird durch Analysen von BÖKER (1992) bestätigt, nachdem im Hochsommer feuchte bis frischere Bereiche besiedelt werden. Weitere Analysen an der Art (SOUND & VEITH 2000) konnten nachweisen, dass die Abhängigkeit der Art von den äußeren klimatischen Faktoren vor allem in den oben genannten Zeiträumen besteht, da die klimatische Situation zu diesen Zeitpunkten wesentlich instabiler ist und die Bewegungsaktivität zunehmend von der Thermoregulation bzw. der Notwendigkeit zur Aufrechterhaltung von spezifischen Körpertemperaturen in den Hintergrund gedrängt wird. Eine weitere Erklärung hierfür könnte die Orientierung der Art an den potentiellen Standorten der Hibernation sein, die, wie gezeigt werden konnte (s. Kap. 6), in Bereichen hoher Jahresinsolation im Gebiet liegen. Das heißt, dass die Art sich sowohl aktiv als auch passiv mit der Verkürzung der Photoperiode in die Flächen des Untersuchungsgebietes zurückzieht, die eine für das Gebiet maximale potentielle Insolation genießen. Damit könnte man das Gebiet in zentrale Kernlebensräume, die Rückzugsgebiete für die Art während klimatisch suboptimaler Bedingungen darstellen, und Sommerlebensräume, die von der Art besiedelt werden wenn die klimatische Situation keine Rolle spielt, unterteilen. Den Kernlebensräumen käme dann eine zentrale Bedeutung beim Schutz der Art zu, da sie einen zentralen Bestandteil für die langfristige Erhaltung der Population darstellt. Die Analyse der Insolation erlaubt damit eine qualitative Beurteilung des Habitats, wie dies für andere Arten auch erfolgt ist (SZTATECSNY & SCHABETSBERGER 2005). Da die reale Vegetation im Untersuchungsgebiet sehr heterogen strukturiert ist (s. Kap. 3.7), könnte der unterschiedliche Einfluss dieses Faktors die reale Insolation am Boden verändern. Die oben genannten Kernlebensräume stellen auch die überwiegenden Standorte xerothermer Pflanzengesellschaften im Gebiet dar, die als Klimaxgesellschaften dauerhaft stabile Standorte darstellen, verbunden mit einer lückigen lichtdurchlässigen Vegetation (s. Kap. 3.7). Dadurch stehen der Art zumindest in den Kernlebensräumen Flächen mit lichtdurchlässiger Vegetation verbreitet zur Verfügung, so dass dieser Faktor hier keine tragende Rolle spielen dürfte. In den Sommerlebensräumen können dichte bodenbeschattende Vegetationsformen

nachgewiesen werden (s. Kap. 3.7), was zusätzlich zu der suboptimalen potentiellen Insolation zu einer in der Realität noch geringeren realen Insolation führt. Die reale Vegetation verstärkt also Unterschiede der Insolation am Boden, was wiederum unterschiedliches Mikroklima in Bodennähe zur Folge hat (SCHMITT 1989; SCHMITT 1991; ZUTZ 2004). Die Ergebnisse erklären zusammenfassend die kontroverse Diskussion um die Habiattypen der Art im Mittelrheingebiet, nach der einige Autoren von einer Verbreitung in xerothermen Biotoptypen (BLAB 1980; GRUSCHWITZ 1992) und andere von einer Bindung an mesophile Bereiche ausgehen (BÖKER 1992; RYKENA et al. 1996a; ELBING 2001). Diese Ergebnisse zeigen auch, dass die Art differenziert nach Jahreszeit und klimatischer Situation zwischen den beiden Habitattypen in Abhängigkeit von Insolation und Photoperiode pendelt.

8.5 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde die Raumnutzung der Westlichen Smaragdeidechse im Hinblick auf die determinierenden Faktoren bei Männchen und Weibchen, die Mikrohabitatnutzung, die Grenzliniennutzung, die zeitlichen Veränderungen der Raumnutzung und ihre Veränderungen durch den Einfluss der Insolation und deren saisonale Entwicklungen untersucht. Die Raumnutzung wurde dabei auf den zwei Ebenen, der der Aktionsräume und der Homeranges, verglichen, um eine differenzierte Betrachtung von seltenen und häufigen Aufenthaltsfrequenzen zu ermöglichen. Aufgrund der Ergebnisse kann kein Zusammenhang zwischen der Kopf-Rumpf Länge, der Gesamtlänge, dem Gewicht beider Geschlechter und der Raumnutzung aufgezeigt werden. Die Gründe für diese Ergebnisse und mögliche Auswirkungen der Methodik werden diskutiert.

Der Vergleich des Ektoparasitenbefalls mit der Raumnutzung zeigte keinen Zusammenhang, was auf eine zu vernachlässigende Bedeutung schließen lassen könnte. Die Analyse dieses Faktors führt in der wissenschaftlichen Betrachtung zu gegensätzlichen Ergebnissen und bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Bei der Mikrohabitatnutzung zeigen die Ergebnisse, dass auf der Ebene der Aktionsräume Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen nur bei der Nutzung offener Flächen aufgezeigt werden können, die in größeren Anteilen in den beiden Raumebenen der Weibchen vertreten sind. Als Ursachen hierfür werden die Jahresaktivitäten der Weibchen und eine Bindung an potentielle Eiablageplätze diskutiert. Die hohen Anteile von niedrigem Gestrüpp in beiden Raumebenen der Geschlechter wird auf die Qualitäten dieser Mikrohabitatstruktur zurückgeführt, wobei die Anteile in den Homeranges der Männchen höher sind als bei den Weibchen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Arten wird diskutiert und deutet eine hohe Wertigkeit dieser Mikrohabitatstruktur für Eidechsenarten dieses Habitattyps an.

Die Analyse der Nutzung von Grenzlinienstrukturen zeigt auf der Ebene der Aktionsräume keine Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen, was auf den hohen kleinflächigen Strukturreichtum im Gebiet zurückzuführen sein könnte. Auf der Ebene der Homeranges sinken die Anteile der linearen Strukturen in Kombination mit weiteren Mikrohabitatstrukturen bei den Männchen im Vergleich zu den Weibchen. Eine mögliche Interpretation dieses Ergebnisses, aufgrund der unterschiedlichen Physiologie beider Geschlechter, wird diskutiert. Die Analyse der zeitlichen Veränderungen der Raumnutzung zeigt, dass sowohl Männchen als auch Weibchen der Art über mehrere Jahre hinweg (max. vier Jahre) die gleichen Räume besiedeln können. Dabei werden sowohl zwischen den Geschlechtern als auch innerhalb der Geschlechter individuelle Unterschiede erkennbar. Ein Zusammenhang dieser Ergebnisse mit parallelen Untersuchungen an verwandten Art wird diskutiert. Der Vergleich der potentiellen

Insolation mit dem Auftreten der Art im Untersuchungsgebiet zeigt, dass eine Bindung an diesen Faktor im Frühjahr und im Spätsommer ausgeprägt ist. Zwischen Mai und Juli fehlt diese. Auch in Bezug zu räumlicher Orientierung ist ein Zusammenhang des Auftretens der Art mit der Insulationsstärke im Frühjahr und Spätsommer erkennbar. Diese Flächen scheinen somit eine besondere Bedeutung für die Art zu besitzen. Eine Unterteilung des Lebensraums in Kernlebensräume und Sommerlebensräume wird diskutiert, ebenso die Auswirkungen der realen Vegetation auf die Insolation im Untersuchungsgebiet.

9. DISKUSSION

In den vorausgegangenen drei Abschnitten wurde das Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse im Untersuchungsgebiet bei Boppard unter den Gesichtspunkten Hibernation, Thermoregulation und Raumnutzung beleuchtet. Da die Ergebnisse der Einzelkapitel bereits diskutiert wurden sollen nachfolgend die verknüpfenden Aspekte der Kapitel in Bezug auf die Ausgangsfragestellungen der Einbindung der Art im Verbreitungsgebiet, zur Verbreitung verwandter Arten und zu Schutzkonzepten gesetzt werden. Außerdem soll die Methode der Telemetrie, insofern noch nicht in den Einzelkapiteln geschehen, nachfolgend diskutiert werden.

9.1 Methode der Radiotelemetrie

Die Ergebnisse der drei untersuchten Teilaspekte zeigen, dass die Radiotelemetrie eine geeignete Methode zur dauerhaften Analyse der Ökologie einer Art in einem steilen, unzugänglichen und vegetationsreichen Gelände ist. Durch diese Methode konnten Individuen der Art über lange Zeiträume observiert werden, ohne das ihr Verhalten sichtbar gestört wurde. Untersuchungen der vergangenen Jahrzehnte an dieser oder an vergleichbaren Eidechsenarten, die in vegetationsreichen Flächen vorkommen, konnten nur mit großen Erfassungslücken oder unter seminatürlichen Bedingungen durchgeführt werden (WEBER 1957; GRUSCHWITZ 1984; BÖKER 1987, 1990a,b; MARTIN & LOPEZ 1998, 2002; VANHOOYDONCK et al. 2002; DIEGO-RASILLA & PÉREZ-MELLADO 2003). Deswegen werden vorwiegend Arten untersucht, die in offenen Habitaten vorkommen (POUGH et al. 2001; SCHEERS & VAN DAMME 2002; AMO et al. 2003). Erst seit Ende der 80er Jahre konnten durch die Radiotelemetrie kleinere Reptilienarten (<250g) in vegetationsreichem Gelände unter Freilandbedingungen analysiert werden (KENWARD 1987; HEIMES 1994; NILSON et al. 1999; ANDERSSON & JOHANSSON 2001). Dadurch konnten zum einen wesentliche Aspekte der Ökologie beleuchtet werden und zum anderen Diskrepanzen zwischen Laboruntersuchungen und Ergebnissen unter natürlichen Bedingungen, die zum Teil erheblich sind, aufgeklärt werden (STRÜBING 1954; SHINE & KEARNEY 2001; SEEBACHER & SHINE 2004). Auch bei der Westlichen Smaragdeidechse oder ihrer Schwesterart, der Östlichen Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*), konnten wesentliche Punkte der Autökologie, wie zum Beispiel die Eiablage, die Raumnutzung und die Hibernation in der Vergangenheit nicht untersucht werden (BÖKER 1990a,b; ELBING 2001), was zu entgegengesetzten Beurteilungen der Ökologischen Ansprüche führte (GRUSCHWITZ 1992; BÖKER 1992). Durch die langjährige Anwendung dieser Methode konnten diese widersprüchlichen Thesen aufgeklärt werden und die ökologischen Ansprüche unter Freilandbedingungen analysiert werden. Auch in Bezug auf die Thermoregulation konnten Unterschiede in Bezug zu Laboruntersuchungen aufgezeigt werden (RISMILLER & HELDMEIER 1982, 1986, 1988).

Trotz der peritonealen Implantation wurde die Methode von der Art gut vertragen. Hierfür spricht, dass fast alle Tiere auch in den Folgejahren beobachtet werden konnten (Abb. 16). Die Verheilung der Implantationswunde verlief deutlich schneller als erwartet (Abb. 43 & Abb. 44).

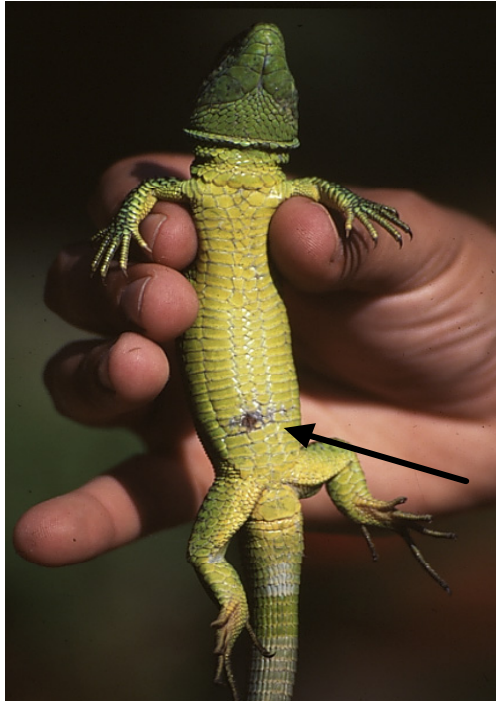


Abb. 43 & Abb. 44: Männliche Smaragdeidechse acht Wochen (links) und zwei Jahre (rechts) nach dem Eingriff.

Nach dem Eingriff zeigten alle Tiere natürliche Verhaltensweisen wie z.B. Abwehrfauchen oder Fluchtverhalten. Infektionen oder die Bildung von nekrotischem Gewebe wurden nicht beobachtet. Eine sichtbare Behinderung der Bewegungsmotorik zeigte sich nicht. Auch Balzverhalten bzw. Paarungen besonderer Tiere wurde beobachtet. Dies belegt die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse (SOUND et al. 2001).

Einige Tiere wurden mehrfach telemetriert. Männliche Tiere hielten trotz mehrfacher Besenderung über Jahre ihre Reviergrenzen konstant (Kap. 8.3.4). Auch bei den Weibchen konnte ein Verbleiben in den angestammten Habitaten beobachtet werden.

Aufgrund der Bedrohungssituation der Art in Deutschland, kommen detaillierten Analysen ihrer Ökologie eine besondere Bedeutung beim Schutz zu (NIEHUIS & SOUND 1996). Erst die Ergebnisse der Radiotelemetrie konnten zeigen, dass die Art nicht nur lineare Lebensräume, wie z.B. Wege oder Bahndämme besiedelt, sondern die vorhandenen Lebensräume im gesamten zur Verfügung stehenden Raum nutzt. Diese Erkenntnis stellt jedoch die bisherigen Schutzkonzepte in Frage, welche auf der Annahme von linearen Lebensräumen, ähnlich der der Mauereidechse, beruhten (SCHAUSTEN et al. 1993; BÖKER et al. 1995). Dies hat Konsequenzen für die Planung von Schutzkonzepten.

Alle Methoden, die zur Untersuchung der Ökologie von Arten im Freiland angewandt werden haben einen Einfluss auf die Untersuchungsobjekte. Nur bei sehr extensiven Methoden, wie z.B. remote sensing, stellt dieser Einfluss eine zu vernachlässigende Größe dar. Die intensive Analyse einer Art birgt die Gefahr einer Verhaltensbeeinflussung. Andererseits ist eine intensive Analyse der Ökologie einer Art im Artenschutz unumgänglich, um schutzrelevante Aussagen zu treffen. Daher stellt die Implantationstelemetry eine adäquate Methode dar, um auf einer ausreichenden Datenbasis Schutzkonzepte zu erarbeiten, zumal auch weitere Studien zum Einfluss der Radiotelemetry belegen konnten, dass diese Methode keinen Effekt auf Reptilien hat (CHARLAND 1991; WANG & ADOLPH 1995).

9.2 Habitatqualität

Die drei untersuchten Teilaspekte werfen neue Gesichtspunkte in Bezug auf die Habitatqualität bzw. die Habitatansprüche der Art an eine Fläche am Verbreitungsnordrand auf. Die Hibernation wurde bisher als untergeordneter Faktor in Bezug auf die Autökologie der Art betrachtet (NETTMANN & RYKENA 1984). Meine Studien konnten dagegen erstmals belegen, dass dieser Faktor einen Punkt in der Jahresrhythmik der Art darstellt bei dem die Lage, die Exposition und die Klimagunst des Habitats im Winter von entscheidender Bedeutung für die Eignung einer Fläche als Habitat sind. Ohne diese außergewöhnlichen Standorte, die bereits in geringen Tiefen (10cm) frostfreie Bedingungen bieten, könnte die Art nicht eine kurze Hibernation und die für sie danach notwendige Zeitspanne zur Durchführung ihrer Sommeraktivitätsrhythmik vollziehen. Diese Standorte mit submediterranen Klima (ZUTZ 2004) stellen somit einen kritischen Punkt in ihrem Vorkommen dar, welches sie an die Standorte in den südexponierten Steilhängen im Mittelrheingebiet bindet.

Die Ergebnisse der Thermoregulation belegen, dass die Art präzise in der Lage ist ihre Körpertemperatur zu regulieren und dabei sogar höhere Temperaturen anstrebt als Tiere aus dem zentralen Verbreitungsareal. Außerdem ist die Thermoregulation geschlechtsspezifisch differenziert und auf den jeweiligen Punkt im Jahresaktivitätszyklus abgestimmt. Somit birgt das Untersuchungsgebiet thermale Qualitäten für die Art, die zumindest denen im zentralen Verbreitungsareal ähnlich sind, wie dies sich auch in der Vegetation und im Bodenklimaprofil widerspiegeln (SCHMITT 1991; BITZ & FRICK 1996; ZUTZ 2004). Die Heterogenität der Mikrohabitatstrukturen, basierend auf den Ausgangsbedingungen des Standortes (Kap. 3.2-3.4), stellen einen weiteren Faktor des Untersuchungsgebietes dar, der dieses in Bezug auf die thermalen Bedürfnisse und die Aktivität für Art prädestiniert. Arten, wie die Westliche Smaragdeidechse, deren Vorkommen sich über mehrere Mikrohabitatstypen erstrecken zeigen meist eine individuell differenzierte Thermoregulation je nach Qualität der individuellen Mikrohabitatkomposition (HUEY 1991). Diese drückt sich dann in den thermalen

Präferenzen, der Physiologie und Aktivität aus (GARLAND & ADOLPH 1991; MILES 1994). Dies spiegelt sich auch in einer individuellen Raumnutzung wieder, die flexibel der Verfügbarkeit präferierter Habitatstrukturen angepasst wird oder bei der suboptimale Strukturen herauselektiert werden (SOUND 1997; SOUND & VEITH 2001). Somit belegen die Ergebnisse, dass die Art im Untersuchungsgebiet in ihrer Thermoregulation und Raumnutzung eine Flexibilität zeigt und nicht aufgrund des Verbreitungsrandes bei diesen Aspekten ein reduziertes Verhaltensspektrum präsentiert. Ein potentiell geeignetes Habitat am nördlichen Verbreitungsrand sollte in Bezug auf die Ergebnisse dieser Arbeit folgende Voraussetzungen bieten:

1. Es sollte Areale beinhalten, in denen frostfreie Bodenflächen während der Hibernation zur Verfügung stehen.
2. Es sollten Habitattypen vorhanden sein, die ein vielfältiges Mosaik an thermalen Strukturen bieten.
3. Die topographische Grundanlage des Vorkommens sollte eine Entwicklung und den dauerhaften Bestand diverser Mikrohabitatstypen ermöglichen.

Die Art zeigt in der Mittelrheinregion Verbreitungslücken, die bis heute nicht hinreichend geklärt sind (GRUSCHWITZ et al. 1984; GRUSCHWITZ 1992; SCHAUSTEN et al. 1993; NEIHUIS & SOUND 1996; SOUND 1997). Dabei wurden sowohl klimatische Unterschiede als historische anthropogene Ursachen vermutet (NEIHUIS & SOUND 1996). Die Ergebnisse der hier vorliegenden Teiluntersuchungen könnten plausibel erklären, dass nur unter dem Zusammenwirken der drei oben genannten Faktoren ein dauerhaftes Überleben der Art an einem Standort möglich ist. Bemerkenswert ist auch, dass die Vorkommen am Nordrand des Areals nur entlang der Hangfronten der Flüsse Rhein, Mosel und Nahe bekannt sind. Hier könnte der Einfluss der Inversionswetterlage, der Albedo und der Wasserkörper der Flüsse einen zusätzlichen Faktor für das dauerhafte Überleben einer Population aufzeigen. Die kleinklimatische Wirkung der Flüsse hat insbesondere während extremer Kälteperioden einen puffernden Effekt (SCHMITT 1991; KERN 2001; ZUTZ 2004), der unter der klimatischen Situation am Nordrand der Verbreitung letale Situationen für die Population verhindert haben könnte.

Bei einem weiteren Anhalten der globalen klimatischen Entwicklung ist es möglich, dass die Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse sich ausdehnen, wie dies auch für nahe verwandte Arten postuliert wurde (*Lacerta agilis*, THOMAS et al. 1999). Die Ergebnisse der Analyse der Insolation in Bezug auf die Hibernation und die Raumnutzung haben gezeigt, dass die Art im Jahresverlauf Phasen enger und Phasen fehlender Bindung an diesen Faktor hat. Bei einer Ausdehnung der Population ist davon auszugehen, dass sich diese vornehmlich an Lagen hoher Insolation orientiert und entlang eines solchen

Insolationsgradienten erfolgt, wie dies auch bei anderen Arten nachgewiesen wurde (SZTATECSNY & SCHABETSBERGER 2005). Bei einer Betrachtung der potentiellen Insolation der Bopparder Schleife und den angrenzenden Vorkommen der Art (Abb. 45) wird deutlich, dass eine Ausdehnung entlang exponierter Flächen mit hoher Insolation erfolgen dürfte. Zum einen könnte dies die Besiedelung des aktuellen Vorkommens im Tauberbachtal und des erloschenen Vorkommens im Breyerbachtal erklären und zum anderen auch potentielle neue Besiedelungsflächen aufzeigen, die eine Ausdehnung nach Westen implizieren. Eine Ausdehnung entlang der Rheinfront ist demgegenüber aufgrund der sich deutlich verschlechternden Insolation unwahrscheinlich.

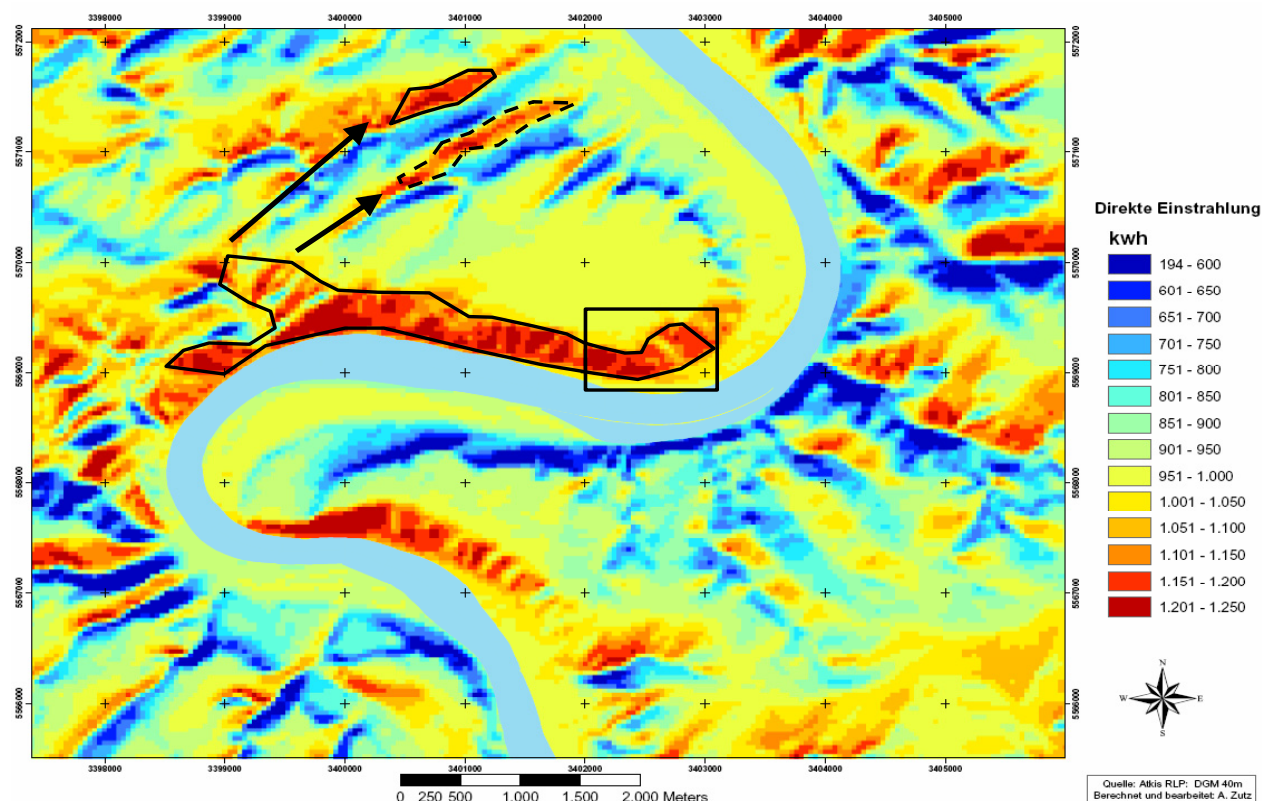


Abb. 45: Verteilung der potentiellen Jahresinsolation in der Rheinschleife bei Boppard unter Berücksichtigung rezenter (schwarze Linie), historisch (gestrichelte Linie) belegter Vorkommen und potentieller Ausbreitungsrouten (schwarze Pfeile) und der Lage des Untersuchungsgebietes (Schwarzer Rahmen); verändert nach A. ZUTZ

9.3 Rezente Verbreitung im Vergleich zu weiteren lacertiden Arten

Die Ergebnisse der drei Teilaspekte erlauben in ihrer Kombination einen neuen Blick auf die Ursachen der rezenten Verbreitung der in Deutschland vorkommenden lacertiden Arten (ohne *Lacerta hovártii* und *Laverta viridis*, s. Tab. 44). Das Verbreitungsbild der Westlichen Smaragdeidechse stellt ein Rückzugsstadium dar (BÖHME 1996). Die Art hat im holozänen Klimaoptimum in Deutschland eine wesentlich weitere Verbreitung, bis in die Norddeutsche Tiefebene, gehabt. Dies gilt ebenso für die weiteren verwandten in Deutschland

vorkommenden Arten *Zootoca (Lacerta) vivipara*, *Podarcis muralis* und *Lacerta agilis* (BÖHME 1996). Diese Arten zeigen in Europa unterschiedliche nördliche Verbreitungsgrenzen. Während *Zootoca (Lacerta) vivipara* noch nördlich des Polarkreises vorkommt, dehnt sich die Verbreitung von *Lacerta agilis* bis Südschweden aus. Die beiden Arten *Podarcis muralis* und *Lacerta bilineata* haben eine fast identische Verbreitungsgrenze in Deutschland (BAMMERLIN et al. 1996; NIEHUIS & SOUND 1996). Bei einem Vergleich der Daten dieser Arbeit mit denen weiterer Studien der oben genannten Arten zeigt sich, dass mit der Größe der Arten auch die Raumnutzung zunimmt (Tab. 44). Dies korreliert mit den Ergebnissen anderer Studien (POUGH et al. 2001; PERRY & GARLAND 2002). Es zeigt sich, dass nur die beiden kleineren Arten, *Zootoca (Lacerta) vivipara* und *Podarcis muralis*, eine Fähigkeit zum Supercooling besitzen (COSTANZO et al. 1995). Insbesondere die ausgeprägte Frosttoleranz von *Zootoca (Lacerta) vivipara* kann das Vordringen der Art über den Polarkreis hinaus erklären (VOITURON et al. 2002a,b; 2004). Bei einer isolierten Betrachtung der Frosttoleranz müsste auch bei *Podarcis muralis* zu erwarten sein, dass die Art wesentlich weiter nördlich verbreitet ist. Dies könnte in Zusammenhang mit den Körpertemperaturen stehen, die von der Art nördlich des Rheinischen Schiefergebirges nicht mehr in dem notwendigen Ausmaß erreicht werden könnten. Die Schwellenwerttemperaturen (HBST, High Body Set Temperature Point) der Art erreichen die höchsten Werte aller vier Vergleichsarten. *Lacerta bilineata* und *Lacerta agilis* kommen im Untersuchungsgebiet bei Boppard vor. Dabei konnten zwischen 1992 und 2000 *Lacerta agilis* nur auf dem Plateau der vorderen Hauptterasse kartiert werden replektive *Lacerta bilineata* nur im Steilhang. In Bezug auf die sympatrische Einischung beider Arten gibt es kein einheitliches Bild innerhalb der überlappenden Verbreitungsgebiete (ELBING 2001). Die beiden Teillebensräume der Vorkommen im Mittelrheingebiet unterscheiden sich durch die unterschiedlichen mikroklimatischen Profile und dem Bodenklimaprofil (s. Kap. 7; ZUTZ 2004). Dieses ist dadurch geprägt, dass die tiefsten Bodentemperaturen im Steilhang im Januar erreicht werden und in auf dem Plateau der vorderen Hauptterasse im Februar. Dies könnte damit den früheren Beginn der Aktivität bei der Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata*) gegenüber der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) erklären (VEITH 1996). Dabei ist die Bindung der Westlichen Smaragdeidechse an die Steilhangflächen aufgrund der Korrelation der Vorkommen mit einer hohen Jahresinsolation zu erklären (vergl. Kap. 6 & 8), die fehlende Ausbreitung der Zauneidechse in den Steilhang wirft jedoch Fragen auf. Im südlichen Mittelrheintal, im Viertälergebiet bei Bacharach tritt die Zauneidechse in Steilhängen auf. Dort sind jedoch keine Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse bekannt (NIEHUIS & SOUND 1996). Somit ist es denkbar, dass die räumlich Trennung der beiden Arten aufgrund der Bindung an die Hibernationsstandorte bei der Westlichen Smaragdeidechse und der Verdrängung der Zauneidechse auf die Plateaulagen zustande kommt. Die deutlich nördlich

vorgeschobene Grenze des Verbreitungsgebietes der Zauneidechse könnte durch die von ihr präferierten tieferen Hibernationsstandorte, die niedrigeren Schwellenwerttemperaturen und die für sie im Vergleich verschobene Aktivitätsperiode zustande kommen (ELBING et al. 1996; VEITH 1996; AMAT et al. 2003). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die nördlichen Verbreitungsgrenzen der vier genannten Arten aufgrund der Kombination der sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren der Thermoregulation, der Hibernationscharakteristika und der Aktivitätszyklen der einzelnen Arten determiniert sind. Ein einzelner Faktor hat hier, wie bei der Mauereidechse gezeigt werden konnte, keine ausschlaggebende Bedeutung. Die Raumnutzung scheint dabei keine ausschlaggebende Rolle zu spielen und scheint bei den Arten je nach Habitatbeschaffenheit zu variieren (ELBING et al. 1996; SOUND 1997).

Tab. 44: Zusammenfassende deskriptive Statistik der Thermoregulation, der Hibernation und der Raumnutzung von vier in Deutschland vorkommenden lacertiden Eidechsenarten^{**)}

	HBST	Aktivitäts-nachweise	Supercooling	Frosttoleranz	Hibernationstiefe	Maximale Raumnutzung
<i>Lacerta bilineata</i> ¹⁾	31,7-37,4°C	Februar-Okttober	-1,4°C, 25 T _y	-1,4°C, 25 T _y	+/-10cm	11280m ²
<i>Lacerta agilis</i> ²⁾	29,2-30,2 C	März-November	?	-1,1°C, <2 Std	+/- 1m	1681m ²
<i>Podarcis muralis</i> ³⁾	32,8-40,1°C	Ganzjährig	-4,75°C, 8 Std.	-1,1°C, <2 Std	10-60cm	784m ²
<i>Zootoca vivipara</i> ⁴⁾	25,2-31,5°C	Januar - November	-3.5°; 21 Tage	-4°C, > 3 Tage	2-40cm	700m ²

Quellen:

¹⁾ RISMILLER & HELDMEIER 1982, 1986, 1988, 1991; Ergebnisse dieser Studie; VEITH 1996; SOUND 1997

²⁾ SPITZ 1971; BAUENS et al. 1996; ELBING et al. 1996; VEITH 1996; AMAT et al. 2003

³⁾ CLAUSSEN et al. 1990; TOSINI et al. 1994; GÜNTHER & VÖLKL 1996; BURKE et al. 2002; VOITURON et al. 2004; eigene Beobachtungen im Untersuchungsgebiet

⁴⁾ v. DAMME & VERHEYEN 1987; TOSINI et al. 1994; COSTANZO et al. 1995; VOITURON et al. 2004

^{*)} Die Ergebnisse dieser Arbeit können nicht klar belegen, ob Supercooling oder Frosttoleranz beobachtet wurde, da nur die Quartierinnentemperatur an den Tieren gemessen wurde

^{**)} ohne *Lacerta hovartii* aufgrund eines einzigen isolierten Fundpunktes in Deutschland und ohne eigenständige Aufführung von *Lacerta viridis*, die hier synonym mit *Lacerta bilineata* betrachtet wurde, da aufgrund der jungen innerartlichen Auftrennung (AMANN et al. 1997) keine eigenständigen vergleichende Studien existieren

9.4 Schutz

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werfen völlig neue Aspekte in Bezug auf den Schutz der Art auf. Zum einen können Kernräume für die Erhaltung einer Population charakterisiert werden, die wesentlich bei der stabilen Erhaltung von Vorkommen sind. Diese Kernräume zeigen eine Übereinstimmung mit Biotoptypen, die botanisch hoch stabile Stadien mit Mullböden darstellen (SCHMITT 1991), die stabil seit mindesten 300 Jahren (BACH 1839, 1851-61; ANDRES 1931/32; SPILGER 1936; MENKE 1939), wahrscheinlich sogar seit dem postglazialen Klimaoptimum nachweisbar sind (KORNEK 1974). Sie könnte auch Hinweise auf natürliche Standorte der Art geben.

Die Sommernachweise gehen weit über die Kernlebensräume hinaus und implizieren, dass die Art trotz des Lebensraumrückgangs immer noch von den historischen anthropogenen Eingriffen profitiert. Sollte diese Verknüpfung der xerothermen Vegetation mit den Kernräumen der Art in der Mittelrheinregion eine allgemeine Gültigkeit besitzen, könnten die beiden Faktoren unter der Maßgabe einer hohen potentiellen Insolation (1.200-1.250Kwh/m²) es erlauben beim Vorkommen eines der Faktoren auf potentielle geeignete Bedingungen für den anderen zu verweisen. Da in der Realität Hibernationsstandorte der Westlichen Smaragdeidechse nur unter hohem technischem Aufwand zu ermitteln sind (s. Kap. 6), die Standorte der xerothermen Vegetation jedoch ganzjährig ansprechbar sind, könnten durch die Kartierung dieser Standorte Kernlebensräume von den Sommerhabitaten der Art unter einfachem methodischen Aufwand abgegrenzt werden.

Die Betrachtung der Ergebnisse in Verknüpfung mit der agrarhistorischen Entwicklung der Kulturlandschaft am Mittelrhein zeigt, dass die Art eine große Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in Bezug auf die Raumnutzung und die Thermoregulation besitzen muss. Die Landschaft am Mittelrhein wird sich auch ohne den Einfluss der Klimaveränderung drastisch verändern (SOUND & BECK 1999; BECK et al. 2000; SOUND 2001,b,c,d,e; SOUND & SANOVEC 2001). Diese Veränderungen dürften bei einer gleichzeitige Erhaltung der Hibernationsstandorte zwar zu Arealverschiebungen und zu Veränderungen in den Populationsgrößen führen, jedoch nicht zu einem Erlöschen der Vorkommen. Ein Beispiel hierfür ist das Vorkommen bei Rüdesheim, welches in den 70er Jahren aufgrund von massiven Eingriffen völlig überformt wurde und heute erloschen ist. Hier könnte die Ursache in der Zerstörung geeigneter Hibernationsstandorte zu suchen sein, die auch in jüngster Vergangenheit an Standorten der Art, z.B. im Oberweseler Ölsberg, durchgeführt wurden. Somit wird punktuelle anthropogene Nutzung innerhalb von Vorkommen durch die Anpassungsfähigkeit der Art aufgefangen. Erst die drastische Überformung von ganzen Standorten in kurzer Zeit (z.B. Flurbereinigungen) können Aussterbeprozesse einleiten (NIEHIUS & SOUND 1996).

Bei Naturschutzmaßnahmen in der Mittelrheinregion stellt die Westliche Smaragdeidechse in den letzten zwei Jahrzehnten eine Zielart dar, für die an wesentlichen Standorten Maßnahmen durchgeführt wurden (GRUSCHWITZ et al. 1984; GRUSCHWITZ 1992; SCHAUSTEN et al. 1993; BÖKER et al. 1995). Die Ergebnisse der Thermoregulation haben gezeigt, dass die thermalen Präferenzen der Geschlechter im Habitat unterschiedlich sind und Weibchen einen höheren Grad an Offenlandflächen benötigen als die Männchen. Außerdem ist ihre Bindung an die thermalen Qualitäten der Mikrohabitatstrukturen ausgeprägter. Die Weibchen stellen somit in Bezug auf die Qualität der Habitatbeschaffenheit eine sensible Messgröße für die Eignung einer Fläche dar und könnten als Indikator für Evaluierung von Maßnahmen herangezogen werden.

10. Ausblick

Die Klimaerwärmung zeigt ihre Auswirkungen auch im Mittelrheintal (Kap. 3.5). Demzufolge hat sich das Klima in den 90er Jahren im Durchschnitt um 1,37°C erwärmt und weiterhin ist dieser Trend ungebrochen. Dieser Prozess wird auch Auswirkungen auf die Westliche Smaragdeidechse haben, wie er schon bei anderen Arten dokumentiert werden konnte (THOMAS et al. 1999). Er könnte dazu führen, dass die Hibernationsbedingten Verluste durch letale Temperaturen sich verringern und die Abundanzen im Untersuchungsgebiet ansteigen. Andererseits könnten Habitate durch Vegetationsveränderungen (z.B. Versteppung) für die Art verloren gehen. Die Zunahme von Extremereignissen wie z.B. Erdbeben, wie sie in den vergangenen Jahren am Mittelrhein verstärkt vorgekommen sind, könnten Veränderungen in Teilhabitaten nach sich ziehen, die wiederum mindestens zu kurzfristigen Verlusten von potentiellen Lebensräumen führen könnten. Die Auswirkungen dieser Veränderungen und Reaktionen der Art sollten langfristig begleitet werden.

Durch die telemetrische Analyse einzelner Individuen konnten trotz dichter Untersuchungsfrequenzen (maximal eine Ortung pro 30min) nur ein Bruchteil der Tagesaktivitäten ausgewählter Tiere überwacht werden. Durch eine Verwendung von GPS gestützten Sendern könnte eine standardisierte und automatisierte Erfassung durchgeführt werden, die den individuellen Bias eines Erfassers vermeidet und in hoher Frequenz gleichmäßig Daten sammelt. Hierdurch könnte auch der individuelle Fehler bei der Zuordnung von Fundpunkten in dem vorhandenen Datenmaterial unterbunden werden. Im Höchstfall konnten in dieser Studie gleichzeitig acht Tiere telemetriert werden. Durch die Verwendung von GPS gestützten Sendern könnte diese Zahl, theoretisch, unbegrenzt gesteigert werden. Die Verfolgung der Tiere im Feld stellt eine potentielle Störung des Verhaltens dar, welches durch die Verwendung solcher Sender unterbleiben würde, der gesamte methodische, an anthropogen bedingten, Erfassungsfehlern könnte unterbunden werden (DINGLE 1996).

Diese Studie wurde am nördlichen Rand des Verbreitungsgebietes durchgeführt. Es ist zu erwarten, dass die Art in zentralen Teilen des Verbreitungsgebietes Modifikationen der analysierten Teilaspekte aufzeigt, wie dies auch bei weiteren Arten belegt werden konnte (SAINT GIRONS & SAINT GIRONS 1956; VIITANEN 1967; VOITURON et al. 2002a,b; 2004). Deswegen sollten ähnliche Studien im zentralen Verbreitungsareal und an Standorten extremer Höhenverbreitung (z.B. St. Gotthard Massiv) durchgeführt werden, um Unterschiede und Parallelen zu den hier aufgeführten Verhaltensweisen aufzuzeigen.

Das Verhalten und die Einischung Subadulter und Juveniler Tiere konnte innerhalb dieser Studie nicht analysiert werden, dabei zeigen weitere Studien, dass diese beiden Gruppen gegenüber den adulten Tieren differenzierte physiologische Anpassungen und Einischungen zeigen können (GLANDT 1995; IRSCHICK et al. 2000; ELBING 2001; AMAT et al. 2003; DIEGO-

RASILLA & PEREZ-MELLADO 2003). Insbesondere in Bezug auf den nachhaltigen Schutz der Art wäre eine Analyse dieses Teils der Population von hoher Bedeutung.

Innerhalb dieser Studie konnte der intraspezifische Vergleich der physiologischen Anpassungen und Mikrohabitatnutzungen nur mit Arten aus Studien aus anderen Untersuchungsgebieten durchgeführt werden (z.B. DOWNES & SHINE 1998a; SHEERS & VAN DAMME 2002; AMAT et al. 2003; DIEGO-RASILLA & PEREZ-MELLADO 2003). Da diese jedoch unter anderen Ausgangsvoraussetzungen durchgeführt wurden sind deren Ergebnisse nur bedingt mit denen der vorliegenden Studie vergleichbar. Hier könnten simultane Untersuchungen unter ähnlichen Bedingungen Unterschiede aufgrund verschiedener Habitatbedingungen unterbinden.

Eiablagestellen der Art konnten nicht detektiert werden. Diese und deren mikroklimatischen Qualitäten könnten ein kritischer Faktor für das Überleben der Population sein, insbesondere im Hinblick auf die Temperaturabhängige Geschlechtsdetermination bei Reptilien und deren Verknüpfung mit dem Anstieg der Durchschnittstemperaturen (BRAGG et al. 2000; ROSENZWEIG 2001). Die Untersuchung dieses Abschnitts der Jahresaktivität könnte im Hinblick auf den Schutz wertvolle Beiträge liefern.

11. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde die räumliche und zeitliche Dynamik einer strukturierten Population der Westlichen Smaragdeidechse (DAUDIN, 1802) im Mittelrheintal zwischen 1997 und 2000 untersucht. Dazu wurden die Teilaspekte der Hibernation, der Thermoregulation und der Raumnutzung der Art analysiert.

Die Ergebnisse der Hibernation zeigen, dass die Art ausschließlich im Boden in Tiefen bis 10cm frostfrei überwintert. Die Überwinterungsquartiere zeichnen sich gegenüber vergleichend analysierten Trockenmauern und den während der Sommeraktivität verwendeten Löchern in ihrer mikroklimatischen Qualität aus. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Hibernation in der Gesamtrelation zum Untersuchungsgebiet in Flächen hoher potentieller Insolation durchgeführt wird. Damit deuten die Ergebnisse an, dass die Hibernationsstandorte ein zentraler Faktor sind, der in Bezug auf ihre Phänologie eine Bindung der Art an südexponierte Steilhanglagen mit hoher Insolation erklärt.

Die Analyse der Thermoregulation hat gezeigt, dass die Art sowohl geschlechtsspezifische als saisonale Differenzen in den von ihr angestrebten Schwellenwerttemperaturen aufweist. Bei den Geschlechtern steht die Thermoregulation in der Aktivitätsperiode im Spannungsfeld zwischen den notwendigen saisonalen Aktivitäten und einer Präzision in der Einhaltung der Körpertemperaturparameter. Die Weibchen zeigen eine stärkere Bindung an die Temperaturprofile der Mikrohabitatstrukturen, die geringere Bindung der Männchen könnte mit endogenen Faktoren zusammenhängen. Die generelle Relevanz der Ergebnisse aufgrund von Parallelen zu anderen Arten wird diskutiert.

Bei der Analyse der Raumnutzung zeigen die Ergebnisse, dass geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Mikrohabitatstrukturnutzung bestehen, vor allem bei dem Anteil offener Strukturen, der bei den Weibchen höher ist als bei den Männchen. Die Unterschiede werden mit den verschiedenen physiologischen Ansprüchen der Geschlechter erklärt. Die Selektion niedrigen Gestrüpps in den Aktionsräumen und Homeranges beider Geschlechter wird mit Vorteilen dieses Strukturtyps begründet. Die Betrachtung der zeitlichen Veränderungen der Raumnutzung zeigt, dass bei der Art individuelle Charakteristika in der Methodik der Raumnutzung vorkommen, wie sie auch bei anderen Arten dokumentiert werden konnten. Dies deutet eine Flexibilität in der Raumnutzungsstrategie an. Die Art zeigt in der Raumnutzung eine Bindung an Standorte mit einer relativ hohen potentiellen Insolation, außer in den Monaten von Mai bis Juli. Aufgrund der räumlichen Konzentration der Art an Standorten hoher potentieller Insolation wird die Abgrenzung von Kernräumen und Sommerlebensräumen diskutiert.

Die Radiotelemetrie war die zentrale Untersuchungsmethode aller Teilaspekte. Die Verträglichkeit der Methode und die dokumentierten natürlichen Verhaltensweisen belegen

ihre Eignung in Bezug auf die Analyse von Arten unter unübersichtlichen und vegetationsreichen topographischen Bedingungen.

Die drei untersuchten Teilaspekte deuten auf spezifische qualitative Aspekte des genutzten Habitats hin, die das Untersuchungsgebiet für die Art hervorheben. Die Notwendigkeit dieser Charakteristika in Bezug auf das Vorkommen der Art und zur Erklärung von Verbreitungslücken in der Mittelrheinregion wird diskutiert. Die Ergebnisse der untersuchten Teilaspekte erklären das rezente Verbreitungsmuster der Art. Die parallelen und Unterschiede der Verbreitungsmuster weiterer mitteleuropäischer lacertider Arten werden diskutiert. In Bezug auf den Schutz werfen die Ergebnisse neue Aspekte auf, die es erlauben Schutzmaßnahmen in konzentrierten Bereichen einzelner Vorkommen durchzuführen und gleichzeitig diese sensibler zu evaluieren.

DANKSAGUNG

Meinem Betreuer Prof. X XXXXX danke ich für die langjährige Zusammenarbeit und Freundschaft, die meinen wissenschaftlichen Weg geprägt hat und die in dieser Arbeit wieder eine Fortsetzung gefunden hat.

Herrn Prof. Dr. A. XXXXX danke ich für die langjährige Unterstützung und Heimstatt in seinem Arbeitskreis. Außerdem stand er mir immer mit Rat und Tat zur Seite. Er hat jeden Diskussionsansatz aufgegriffen und viele Impulse beigesteuert.

Dr. E XXXXXXXX danke ich für die statistischen Lehrstunden. Die objektiven, sachlichen und klaren Kommentare zu meiner Arbeit haben, mir stets neue Perspektiven eröffnet.

Frau C XXXXXXXX danke ich, weil ihr Beitrag mir stets geholfen hat die Arbeit von außen zu betrachten. Außerdem haben mir ihre satirischen und ironischen Kommentare auf einigen Durststrecken geholfen.

Dr. W XXXXXXX danke ich dafür, dass er mich immer wieder in dieser Arbeit angetrieben hat. Er hat sich freundschaftlich immer wieder für mich eingesetzt und hat nicht aufgehört an mich zu glauben.

Herrn T XXXXXXX, der mich in die Thematik der Smaragdeidechsen eingeführt hat und leider seine Arbeiten nicht fortführen konnte, danke ich.

In Erinnerung und Dank an Herrn H XXXXX, der mir die Herpetofauna des Rheintals näher gebracht und viele Anstöße gegeben hat.

Meine Eltern, LXXXXXX und AXXXXXX und meine AXXXXXX waren immer Ansporn zu dieser Arbeit und sie haben immer an mich geglaubt. Dafür danke ich ihnen.

Meiner Frau IXXX XXXXX, bei der ich nicht weis wo ich anfangen und wo ich aufhören soll zu danken. Ohne sie hätte ich diesen Punkt nie erreicht.

Meinem Sohn CXXXX XXXX XXXXX danke ich für seine mentale Hilfe und dafür, dass er mir immer wieder zeigt, was die wichtigen Dinge im Leben sind.

Ich danke auch den Smaragdeidechsen, denen ich hoffentlich etwas von dem was sie mir gegeben haben zurückgeben konnte.

12. LITERATUR

1. ABEL, E. (1951): Über das Geruchsvermögen der Eidechsen. Österr. Zool. Zeitschr. 3: 84-125.
2. AKBAR, H.H.; AFROZ, H. & S.S. ALI (1978): Effects of adrenaline on blood sugar and plasma levels of a hibernating lizard during active hibernation periods. Comp. Biochem. Physiol 60C: 205- 209.
3. ALESNIUK, M. & K.W. STEWART (1971): Seasonal changes in the body composition of the garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) at northern latitudes. Ecology 52: 485-490.
4. ALEKSIUK, M. (1976): Reptilian hibernation: evidence of adaptative strategies in *Thamnophis sirtalis parietalis*. Copeia: 170-178.
5. Amann, T.; Rykena, S.; Joger, U.; Nettmann, H.K. & M. Veith (1997): Neue Daten zur artlichen Trennung von *Lacerta bilineata* (DAUDIN, 1802) und *Lacerta viridis* (LAURENTI, 1768). Salamandra 33: 255-268.
6. AMAT, F.; LLORENTE, G.A. & M.A. CARRRETERO (2003): A preliminary study on thermal ecology, activity times and microhabitat use of *Lacerta agilis* (Squamata: Lacertidae) in the Pyrenees. Foul. Zool. 52 (4): 413-422.
7. AMO, L.; LÓPEZ, P. & J. MARTÍN (2003): Risk level and thermal costs affect the choice of escape strategy and refuge use in the wall lizard, *Podarcis muralis*. Copeia, (4): 899-905.
8. ANDERSON, D.J. (1982): The home range: a new nonparametric estimation technique. Ecology 63: 103- 112.
9. ANDERSSON, S. & L. JOHANSSON (2001): Cold hardiness in the boreal adder, *Vipera berus*. Cryoletters, 22: 151-156.
10. ANDRES, H. (1931/32): Zur Flora des Rheintales. Nachrichtenbl. rhein. Heimatpflege 3: 326-332.
11. ANGUILLET, M.J.; NIEWIAROWSKI P.H. & C.A. NAVAS (2002): The evolution of thermal physiology in ectotherms. Journal of thermal ecology (27): Jour. Ther. Biol. 27: 249–268.
12. AVERY, R.A. (1976): Thermoregulation, metabolism and social behaviour in Lacertidae. – In: Bellairs, A. d'A. & C.B. Cox (eds.): Morphology and Biology of Reptiles. London, Academic Press. 245-259.
13. AVERY, R.A. (1979): Lizards. A study in Thermoregulation, Arnold, London. England.

-
14. AVERY, R.A. (1982): Field studies of body temperatures and thermoregulation. In: Gans C. & F.H. Pough (eds.): Biology of the Reptilia, Vol. 12. Academic Press, N.Y.: 93-166.
 15. AVERY, R.A. & D.J. BOND (1989): Movement patterns of lacertid lizards: effects of temperature on speed, pauses and gait in *Lacerta vivipara*. Amphibia-Reptilia 10: 77-84.
 16. AYERS, D.Y. & R. SHINE (1997): Thermal influences on foraging ability: body size, posture and cooling rate of an ambush predator, the python *Morelia spilota*. Funct. Ecol. 11:342-347.
 17. BACH, M. (1839): Einige Notizen über *Iberis divaricata* Tausch und deren Standort am Rhein, Flora 27: 417- 432.
 18. BACH, M. (1851-60): Käferfauna für Nord- und Mitteldeutschland mit besonderer Berücksichtigung der Preußischen Rheinlande- Coblenz.
 19. BAILEY, R.M. (1969): The responses of sensory receptors in the skin of the green lizard, *Lacerta viridis*, to mechanical and thermal stimulation. Comp. Biochem. Physiol. 29: 161-172.
 20. BAMMERLIN, R.; BITZ, A. & R. THIELE (1996): Die Mauereidechse. In: BITZ, A.; FISCHER, K.; SIMON, L.; THIELE, R. & M. VEITH: Die Amphibien und Reptilien in Rheinland- Pfalz, Bd. 2; Landau: 387-403.
 21. BARTHOLOMEW, G.A. & V.A. TUCKER (1964): Size, body temperature, thermal conductance, oxygen consumption, and heart rate in Australian varanid lizards. Physiol. Zoöl. 37: 341-354.
 22. BARTHOLOMEW, G.A. (1982): Physiological control of body temperature. In: GANS C. & F.H. POUGH (EDS.), Biology of the Reptilia, Vol. 12. Academic Press, N.Y.: 167-211.
 23. BASHEY, F. & A.E. DUNHAM (1997): Elevational variation in the thermal constraints and microhabitat preferences of the greater earless lizard *Cophosaurus texanus*. Copeia: 725-737.
 24. BAUMGARTEN, W. (1951): Historisch-geographische Entwicklung der Kleinstädte am Mittelrhein von Bingen bis Koblenz. Dissertation Universität Mainz.
 25. BAUWENS, D. (1981): Survivorship during hibernation in the European common lizard, *Lacerta vivipara*. Copeia: 741-744.
 26. BAUWENS, D.; HERTZ, P.E. & A.M. CASTILLA (1996): Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioural mechanisms. Ecology 77: 1818-1830.

27. BECK, B.; BONN, S.; INST. TAURUS; KÜBLER, K. & P. SOUND (2000): E+E Projekt Mittelrheintal. Vorstudie. –Endbericht- Gutachten für das Bundesamt für Naturschutz.
28. VAN BERKUM, F.H.; HUEY, R.B. & B.A. ADAMS (1986): Physiological consequences of thermoregulation in a tropical lizard (*Arneiva festiva*). *Physiological Zoology* 59:464-472.
29. BENNETT, A.F. & W.R. DAWSON (1976): Metabolism. In C. GANS & W.R. DAWSON (eds.), *Biology of the Reptilia*, Vol. 5. Academic Press, N.Y.: 127-223.
30. v. Berg, A. (1998): Vor- und Frühgeschichte am Mittelrhein. Koblenz. Görres Verlag.
31. BISHOFF, W. (1988): Zur Verbreitung und Systematik der Zauneidechse, *Lacerta agilis* Linneaus, 1758. – *Mertensiella*, Bonn, 1: 11-30.
32. BITZ, A. & M. FRICK (1996): Das Klima von Rheinland- Pfalz und seine Bedeutung für die Herpetofauna. In: BITZ, A.; FISCHER, K.; SIMON, L.; THIELE, R. & M. VEITH: *Die Amphibien und Reptilien in Rheinland- Pfalz*, Bd. 2; Landau: 789-803.
33. BITZ, A. & L. SIMON (1996): Gefährdungsursachen und –verursacher. In: BITZ, A.; FISCHER, K.; SIMON, L.; THIELE, R. & M. VEITH: *Die Amphibien und Reptilien in Rheinland- Pfalz*, Bd. 2; Landau: 587-615.
34. BLAB, J. (1980): Reptilienschutz: Grundlagen - Probleme – Lösungsansätze – *Salamandra* 16: 89-113.
35. BLOUIN DEMERS, G. & P.J. WEATHERHEAD (2001): An experimental test of the link between foraging, habitat selection and thermoregulation in black rat snakes *Elaphe obsoleta obsoleta*. *Jour. An Ecol.* 70: 1006–1013.
36. BÖHME, G. (1996): Zur historischen Entwicklung der Herpetofaunen Mitteleuropas im Eiszeitalter. In Günther, R. (Hrsg.): *Die Amphibien und Reptilien Deutschlands*. Gustav Fischer Verlag, Jena: 30-40.
37. BÖHME, W. & H. REICHENSTEIN (1966): Zum Vorkommen und zur Verbreitung der Brandmaus am NW- Rande ihres europäischen Areals.- *Zool. Anz.* 177: 319-329.
38. BÖHME, W. & H. REICHENSTEIN (1967): Ist die Brandmaus, *Apodemus agrarius* (PALLAS, 1771) ein stenökes Säugetier? - *Z. Säugetierk.*, Hamburg, 32: 176-178.
39. BÖHME, W. (1989): Klimafaktoren und Artenrückgang am Beispiel mitteleuropäischer Eidechsen (Reptilia: Lacertidae). - *Schriftenr. Landschaftspfl. Naturschutz* 29: 195-202.
40. BÖKER, T. (1987): Zur Ökologie der Smaragdeidechse, *Lacerta viridis* (LAURENTI 1768) (Sauria: Lacertidae).- *Dipl.- Arb.*, Universität Hamburg. 94S.

41. BÖKER, T. (1988): Frühbeobachtung einer Smaragdeidechse- *Lacerta viridis* (LAURENTI 1768).- Flora Fauna Rheinland-Pfalz 5 (1): 229-231.
42. BÖKER, T. (1990A): Zur Ökologie der Smaragdeidechse *Lacerta viridis* (LAURENTI 1768) am Mittelrhein. I. Lebensraum.- Salamandra 26 (1): 19-44.
43. BÖKER, T. (1990B): Zur Ökologie der Smaragdeidechse *Lacerta viridis* (LAURENTI 1768) am Mittelrhein. II. Populationsstruktur, Phänologie.- Salamandra 26 (2/3): 97-115.
44. BÖKER, T. (1992): Zum Schutz der Smaragdeidechse *Lacerta viridis* (LAURENTI 1768): Grundlegende Kenntnisse für die Durchführung.- 47- 53. In: Bitz, A. & M. Veith (Hrsg.): Herpetologie in Rheinland- Pfalz - Faunistik, Schutz und Forschung.- Fauna Flora Rheinland- Pfalz, Beih 6.
45. BÖKER, T.; SCHAUSTEN, H.; SOUND P. & R. TWELBECK (1995): Artenschutzprojekt Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) in Rheinland- Pfalz: Detailuntersuchung im geplanten Naturschutzgebiet „Trockenhang Kamp- Bornhofen/ Filsen“, Rhein- Lahn Kreis.- 90 S., Kartenteil, Gutachten i.A des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland- Pfalz, Oppenheim.
46. BONN, S.; SCHANZ H.; UNFRICHT M. & P. SOUND (2005): E+E Projekt Mittelrheintal. Hauptuntersuchung. –Endbericht- Gutachten für das Bundesamt für Naturschutz.
47. BOSTIC, D.L. (1966): Thermoregulation and hibernation of the lizard *Cnemidophorus hyperthyrus beldingi* (Sauria: Teiidae). Southwest. Nat. 11: 275-302.
48. BRAGG, W.; FAWCETT, J. & T. BRAGG (2000): Nest-site selection in two eublepharid gecko species with temperature-dependent sex determination and one with genotypic sex determination, Biol. Journal of the Linnean Society 69: 319–332.
49. BROMER, P. (1998): Klöster und Stifte am Mittelrhein. Koblenz. Görres Verlag.
50. BRUNO, S. (1986): Tartarughe e sauri d'Italia. Gunti Martello. Firenze. Italia. 255S..
51. BURKE, R.L.; HUSSAIN, A.A.; STOREY, J.M. & K.B. STOREY (2002): Freeze tolerance and supercooling ability in the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*, introduced to Long Island, New York. Copeia 2002 August 15(3): 836-842.
52. BURGARD, K.J. (1992): Geschichte der Juden in Boppard. Beiträge zur jüdischen Geschichte in Rheinland-Pfalz 2. 304S..
53. CAMPBELL, E.W. III. (1989): The impact of introduced rats on the vertebrate fauna of Antillean cays. M.S. Thesis, Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio. USA.

-
54. CARPENTER, C.C. (1953): A study of hibernacula and hibernating associations of snakes and amphibians in Michigan. *Ecology* 34: 74-80.
 55. CHARLAND, M.B. (1991): Anesthesia and transmitter implantation effects on gravid garter snakes (*Thamnophis sirtalis* and *T. elegans*). *Herp. Rev.* 22: 46-47.
 56. CHARLAND, M.B. (1995): Thermal consequences of reptilian viviparity: thermoregulation in gravid and nongravid garter snakes (*Thamnophis sirtalis*). *J. Herpetol.* 29: 383-390.
 57. CHRISTIAN, K.A. & S. WALDSCHMIDT (1984): The relationship between lizard home range and body size: a reanalysis of the data. *Herpetologica* 40:68–75.
 58. CLAUSSEN D.L.; TOWNSLEY M.D. & R.G. BAUSCH (1990): Supercooling and freeze-tolerance in the European wall lizard, *Podarcis muralis*, with a revisional history of the discovery of freeze tolerance in vertebrates. *J. Comp. Physiol B* 160:137–143.
 59. CONGDON, J.D.; BALLINGER, R.E. & K.A. NAGY (1979): Energetics, temperature and waterrelations in winter aggregated *Sceloporus jarrovi* (Sauria: Iguanidae). *Ecology* 60: 30-55.
 60. COSTANZO, J.P. & D.L. CLAUSSEN (1988): Natural freeze tolerance in a reptile. *Cryoletters* 9: 380-385.
 61. COSTANZO, J.P. & R.E. LEE (1994): Supercooling and ice nucleation in vertebrate ectotherms. In: LEE R.E. & L.V. GUSTA (eds.): *Biological ice nucleation and its applications*, Chapter 12. Saint Paul, MN: American Phytopathological Society Press. USA.
 62. COSTANZO, J.P.; GRENOT, C. & R.E. JR. LEE (1995): Supercooling, ice inoculation and freeze tolerance in the European common lizard, *Lacerta vivipara*. *J. Comp. Physiol. B* 165: 238-244.
 63. COWLES, R.B. (1941): Observations on the winter activities of desert reptiles. *Ecology* 22: 125-140.
 64. COWLES R.B. & C.M. BOGERT (1944): A preliminary study of thermal requirements of desert reptiles. *Bull. Am. Museum. Nat. Hist.* 83(5): 261-269.
 65. CRISP, M.; COOK, L.M. & F.V. HEReward (1979): Colour and heat balance in the lizard *Lacerta dugesii*. *Copeia*: 250-258.
 66. CYRÉN, O. (1924): Klima und Eidechsenverbreitung. Eine Studie der geographischen Variation und Entwicklung einiger Lacerten, insbesondere unter Berücksichtigung der klimatischen Faktoren.- 82 S., (Göteborgs Kungliga vetenskaps- och vitterhets samhälles handlingar 27). Göteborg. Schweden.

67. VAN DAMME, R. & R. VERHEYEN (1987): Parameters in the thermal ecology of the common lizard, *Lacerta vivipara*. Proc. 4th O.G.M. SEH Nijmegen: 421-424.
68. VAN DAMME, R.; BAUWENS D.; CASTILLA, A.M. & R.F. VERHEYEN (1990): Comparative thermal ecology of the sympatric lizards *Podarcis tiliguerta* and *Podarcis sicula*. Acta Ökologica 11: 503-512.
69. DEGE, E. (1973): Weinbau, Obstbau und Sozialbrache am Oberen Mittelrhein. Erdkunde 27: 34-54.
70. DERICKSON, W.K. (1976): Lipid storage and utilization in the sagebrush lizard, *Sceloporus graciosus*: its significance for reproduction and maintenance. Comp. Biochem. Physiol. 49A: 267-272.
71. DIAZ, J.A. (1994): Effects of body temperature on the predatory behaviour of the lizard *Psammodromus algirus* hunting winged and wingless prey. Herpetological Journal 4: 145-150.
72. DIAZ, J.A. (1997): Ecological correlates of the thermal quality of an ectotherm's habitat: a comparison between two temperate lizard populations. Functional Ecology 11: 79-89.
73. DIEGO-RASILLA, F.J. & V. PÉREZ-MELLADO (2003): Home range and habitat selection by *Podarcis hispanica* (Squamata, Lacertidae) in Western Spain. Folia Zoologica, 52(1): 87-98.
74. DINGLE, H. (1996): Migration. Oxford University Press. New York. USA.
75. DOWNES, S. & R. SHINE (1998A): Heat, safety, or solitude? Using habitat selection experiments to identify a lizard's priorities. Animal Behaviour 55: 1387-1396.
76. DOWNES, S. & R. SHINE (1998b): Sedentary snakes and gullible geckos: predator-prey coevolution in nocturnal rock-dwelling reptiles. Animal Behaviour 55:1373-1385.
77. DUBAYAH, R. & P.M. RICH (1995): Topographic solar radiation models for GIS. International Journal for Geographical Information Systems, 9(4): 405-419.
78. DUGUY, R. (1958): Le comportement de printemps chez *Vipera aspis* L. Vie Milieu 9: 200-210.
79. DUGUY, R. (1963): Biologie de la latence hivernale chez *Vipera aspis* L. Vie Milieu 14: 311-443.
80. DUNHAM, A.E.; GRANT, B.W. & K.L. OVERALL (1989): Interfaces between biophysical and physiological ecology and the population ecology of terrestrial vertebrate ectotherms. Physiological Zoology 62: 335-355.

-
81. DÜRIGEN, B. (1897): Deutschlands Amphibien und Reptilien. - 676 S. Magdeburg.
 82. DWD (Deutscher Wetterdienst) (1957): Klima-Atlas von Rheinland-Pfalz. Bad Kissingen.
 83. ELBING, K.; GÜNTHER, R. & U. RAHMEL (1996): Zauneidechse *Lacerta agilis*. 535-558. In: GÜNTHER, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena.
 84. ELBING, K. (2001): Die Smaragdeidechsen, zwei (un) gleiche Schwestern, 143 S.. Laurenti Verlag.
 85. ERIKSEN, W. (1967): Das Klima des mittelhheinischen Raumes in seiner zeitlichen und räumlichen Differenzierung. In Institut für Landeskunde (Hrsg.): Festschrift zum 36. Dt. Geographentag in Bonn- Bad Godesberg: 16-30. Wiesbaden.
 86. FISCHER, K. (1961): Untersuchungen zur Sonnenkompaßorientierung und Laufaktivität von Smaragdeidechsen (*L. viridis* L.). Z. Tierphyschol. 18: 450-470.
 87. FISCHER, K. & G. BIRUKOW (1960): Dressur von Smaragdeidechsen auf Sonnenkompassrichtungen. Naturwiss. 47: 93-94.
 88. LE GALLIARD J.F.; FERRIÈRE R. & J. CLOBERT (2003) Mother-offspring interactions affect natal dispersal in a lizard. Proceeding of the Royal Society of London Series B Biological Sciences. 270: 1163-1169.
 89. GALLIGAN, J.H. & W.A. DUNSON (1979): Biology and status of timber rattlesnake (*Crotalus horridus*) populations in Pennsylvania. Biol. Conserv. 15: 13-58.
 90. GARLAND, T.Jr. & S.C ADOLPH (1991): Physiological differentiation of vertebrate populations. Annual Review of Ecology and Systematics 22: 193-223.
 91. GERMAINE, S.S. & B.F. WAKELING (2001): Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. Biological Conservation 97: 229-237.
 92. GERMANO, D.J. & C.R. HUNGERFORD (1981): Reptile population changes with manipulation of Sonoran Desert shrub. Great Basin Naturalist 41: 129-138.
 93. GILLIS, R. (1991): Thermal biology of two populations of red-chinned lizards (*Sceloporus undulates erythrocheilus*) living in different habitats in south-central Colorado. Jour. Herp. 25: 18-23.
 94. GILLES, K.J. (1999): Bacchus und Sucullus. 2000 Jahre römischer Weinbau an Mosel und Rhein. Rhein-Mosel Verlag. Koblenz.

-
95. GLANDT, D. (1995): Seasonal activity of the sand lizard (*Lacerta agilis*) and the common lizard (*Lacerta vivipara*) in an experimental outdoor enclosure. In: LLORENTE G.A.; MONTORI A.; SANTOS X. & M.A. CARRETERO (eds.) Scientia Herpetologica. Barcelona, Spain: 229-232.
96. GLÄSSER, A. (1996): Schlingnatter - *Coronella austriaca* (LAURENTI 1768). In: BITZ, A.; FISCHER, K.; SIMON, L.; THIELE, R. & M. VEITH (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien in Rheinland-Pfalz. Landau.
97. GOOSE, V. & J. CASTANET (1989): *Lacerta viridis*. – In: CASTANET, J. & R. GYUETANT (eds.): Atlas de repartition des amphibiens et reptiles de France. Societe Herpetologique de France, Paris: 128-129.
98. GRAMENTZ, D. (1996): Zur Mikrohabitatselektion und Antiprädationsstrategie von *Lacerta agilis* (LAURENTI, 1758) (Reptilia: Squamata: Lacertidae). Zoologische Abhandlungen 49(5): 83–94.
99. GRBAC, I. & D. BAUWENS (2001): Constraints on temperature regulation in two sympatric Podarcis lizards during autumn. Copeia: 178-186.
100. GREENE, H.W. (1982): Dietary and phenotypic diversity in lizards: why are some organisms specialized? In Mossakowski D. & G. Roth (eds.) Environmental adaptation and evolution. Gustav Fischer, Stuttgart, Germany:107-128.
101. GREGORY, P.T. & K.W. STEWARD (1975): Long distance dispersal and feeding strategy of the red sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in the Interlake of Manitoba. Can. J. Zool. 53: 238-245.
102. GREGORY, P.T. (1977): Life history parameters of the red sided garter snake (*Thamnophis sirtalis parietalis*) in an extreme environment, the Interlake region of Manitoba. Nat. Mus. Canada. Publ. Zool. 13: 1-44.
103. GREGORY, P.T. (1982): Reptilian hibernation. In: GANS C. & F.H. POUGH (EDS.), Biology of the Reptilia, Vol. 12. Academic Press, N.Y.: 53-154.
104. GRIGG, G.C.; BEARD, L.A. & M.L. AUGEE (2004): The evolution of endothermy and its diversity in mammals and birds. Phys. Biochem. Zool., 77 (6): 982-997.
105. GRUSCHWITZ, M. (unter der Mitarbeit von Braun U. & M.; Schneider, W.; Lenz, L. & F. Thomas) (1984): Die Smaragdeidechse *Lacerta viridis* (LAURENTI 1768) und ihre Lebensräume in Rheinland-Pfalz. Untersuchung im Rahmen der Biotop-Kartierung 3. Stufe, Spezialkartierung.- Unveröffentlichtes Gutachten i. A. des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Oppenheim.

-
106. GRUSCHWITZ, M. (1992): Artenschutzprojekt Smaragdeidechse (*Lacerta viridis* LAURENTI 1768): 39- 45. In: BITZ, A. & M. VEITH (HRSG.): Herpetologie in Rheinland-Pfalz -Faunistik, Schutz und Forschung. - Fauna Flora Rheinland-Pfalz, Beih. 6.
107. GÜNTHER, R. & W. VÖLKL (1996): Schlingnatter *Coronella austriaca*: In Günther, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena: 631-647.
108. HAAS, W. (1975): Zur Tektonik der Bopparder Hauptmulde und ihres Südost-Rahmens am Mittelrhein zwischen Braubach und Boppard (Rheinisches Schiefergebirge).- Mainzer geowiss. Mitt., 4: 159-194.
109. HÄRTLE, W.; HEINKEN, T.; PALLAS, J. & W. WELß (1997): Querco-Fagetea (H5), Teil 1: Quercion roboris.- Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands 2: 1-51.
110. HAHN, H. (1956): Das Mittelrheintal. Berichte zur deutschen Landeskunde 17: 176-193.
111. HAHN, H. (1977): Auswirkungen von Weinbergsflurbereinigungen auf die Sozial- und Wirtschaftsstruktur der Weinanbaugebiete- am Beispiel der Verfahren Boppard 1 und Oberwesel 1, Oberes Mittelrheingebiet. Erdkunde 31 : 193- 206.
112. HAHN, H. (1979): Strukturwandel in den Weinbaugemeinden des „Oberen“ Mittelrheintales im Gefolge von Flurbereinigungen. Innsbrucker Geographische Studien 5: 341- 356.
113. HALPERN, E.A. (1979): Supercooling in the iguanid lizard, *Sceloporus jarrovi*. Physiol. Zoöl. 52: 190-204.
114. HARD, G. (1980): Vergraste Weinberge. Decheniana 133: 1-5.
115. HARLOW, P.S. & R. SHINE (1999): Temperature-dependent sex determination in the frillneck lizard, *Chlamydosaurus kingii* (Agamidae). Herpetologica 55: 205-212.
116. HEATWOLE, H. (1977): Habitat selection in reptiles. In C. GANS & D. TINKLE (eds.) Biology of the Reptilia. Vol. 7. Academic Press, New York: 137–155.
117. HECHT, G. (1928): Zur Kenntnis der Nordgrenzen mitteleuropäischer Eidechsen.- Zool. Mitt. Mus. Berlin 16 (2): 244-393.
118. HEIMES, P. (1994): Untersuchungen zur Ökologie und zum Verhalten der Äskulapnatter *Elaphe longissima* (LAURENTI, 1768) im Rheingau-Taunus.- Dissertation. Friedrich-Wilhelms- Universität Bonn.
119. HENF, M. & D. ALFERMANN (2004): Neunachweis der Smaragdeidechse im hessischen Lahntal. Salamandra 40: 235- 239.

120. HERTER, K. (1940): Über Vorzugstemperaturen von Reptilien. – Zeitschrift der vergleichenden Physiologie 28: 105-141.
121. HERTZ, P.E.; HUEY, R.B. & E. NEVO (1982): Fight versus flight: body temperature influences defensive responses of lizards. *Animal Behaviour* 30: 676-679.
122. HERTZ, P.E., HUEY, R.B. & R.D. STEVENSON (1993): Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *American Naturalist* 142:796–818.
123. HETRICK, W.A.; RICH, P.M.; BARNES, F.J. & S.B. WEISS (1993): GIS-based solar radiation flux models. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers, Vol 3, GIS Photogrammetry and Modeling*: 132–143.
124. HEULIN, B. (1987): Temperature diurne d'activit, des males et des femelles de *Lacerta vivipara*. *Amphibia-Reptilia* 8: 393-400.
125. HOLEC, P. & M. KMINIAK (1970): Zur Ökologie der Art *Lacerta viridis viridis* aus dem Gebiet der Devinska Kobyla (bei Bratislava). – *Biologia (Bratislava)*, 25: 805-810.
126. HOLT, R.D. (1987): Population dynamics and evolutionary processes: the manifold roles of habitat selection. *Evolutionary Ecology* 1: 331-347.
127. HOUSE, S.M. & I.F. SPELLERBERG (1983): Comparisons of *Lacerta agilis* habitats in Britain and Europe. *Brit. J. Herpetol.* 6: 305–308.
128. HUEY, R.B. (1974): Behavioral thermoregulation in lizards: importance of associated costs. *Science* 184: 1001-1003.
129. HUEY, R.B. & T.P. WEBSTER (1976): Thermal biology of. *Anolis* lizards in a complex fauna: the cristatellus group on Puerto Rico. *Ecology* 57: 985–994.
130. HUEY, R.B. & R.D. STEVENSON (1979): Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: a discussion of approaches. *American Zoologist* 19: 357-366.
131. HUEY, R.B. (1982): Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In: GANS, C. (eds.): *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. Academic Press, N.Y.: 25- 74.
132. HUEY, R.B. (1991): Physiological consequences of habitat selection. *American Naturalist* 137: 91-115.
133. HUEY, R.B.; HERTZ, P.E. & B. SINERVO (2003): Behavioral drive versus behavioral inertia in evolution: A null model approach. *Am. Natur.* 161:357-366.
134. IBROM, A.; OLTCHIEV, A.; CONSTANTIN, J.; MARQUES, M. & G. GRAVENHORST (1995): Die Stickstoffimmission und -deposition in Wäldern. In Umweltbundesamt (ed.) *Wirkungskomplex Stickstoff und Wald. Texte 28/95*: 20-29, Umweltbundesamt, Berlin.

135. IRSCHICK, D.; MACRINI, T.E.; KORUBA, S. & J. FORMAN (2000): Ontogenetic differences in morphology, habitat use, behavior, and sprinting capacity in two West Indian *Anolis* lizards. *Jour. Herp.* 34: 444-451.
136. JACOB, J.S. & C.W. PAINTER (1980): Overwinter thermal ecology of *Crotalus viridis* in the north-central plains of New Mexico. *Copeia* : 799-805.
137. JOGER, U.; AMANN T. & M. VEITH (2001): Phylogeographie und genetische Differenzierung im *Lacerta viridis/bilineata* Komplex. *Mertensiella* 13: 60-69.
138. JOHANSEN, K. & G. LYKKEBOE (1976): Thermal acclimation of aerobic metabolism and O₂-Hb binding in the snake *Vipera berus*. *J. Comp. Physiol.* 130b: 293-300.
139. KERN, S. (2001): Die klimatischen Verhältnisse und ihre Besonderheiten am Mittelrhein. In: Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz Band 1 (Hrsg.): Das Rheintal von Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. Verlag Philipp von Zabern. Mainz: 49-55.
140. KENWARD, R. (1987): Wildlife radio tagging equipment, field techniques, and data analysis. Academic Press. USA.
141. KIEFER, M.C.; VAN SLUYS, M. & C.F.D. ROCHA (2005): Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: Do body temperatures vary along their geographic range? *Jour. Ther. Biol.* 30: 449–456.
142. KINGSOLVER, J.G. & H.A. WOODS (1997): Thermal sensitivity of growth and feeding in *Manduca sexta* caterpillars. *Physiological Zoology* 70: 631-638.
143. KLAUBER, L.M. (1972): „Rattlesnakes“ 2nd ed. University of California Press, Berkley. USA.
144. KORNECK, D. (1974): Xerothermvegetation in Rheinland- Pfalz und Nachbargebieten.- Schriftenreihe für Vegetationskunde. 7: 196S..
145. KORSÓS, Z. & F. GYOVAI (1988): Habitat dimension and activity pattern differences in allopatric populations of *Lacerta agilis*. In: GLANDT D. & BISCHOFF W. (eds.): Biologie und Schutz der Zauneidechse (*Lacerta agilis*). *Mertensiella* 1: 235–244.
146. LANDRETH, H.F. (1973): Orientation and behaviour of the rattlesnake, *Crotallus atrox*. *Copeia*: 26-31.
147. LANG, J.W. (1971): Overwintering of three species of snakes in North Western Minnesota.) M.S. Thesis, Univ. of North Dakota, Grand Forks. UDA.
148. LESER, H. (1978): Landschaftsökologie. Ulmer Taschenbuchverlag Stuttgart.

-
149. LUOW, G.N. & E. HOLM (1972): Physiological, morphological and behavioural adaptations of the ultra psammophilous Namib Desert lizard *Aporosaura anchietae* (bocage). *Madoqua* 1 (Ser. 2): 67-85.
150. LOWE, C.H.; LARDNER, P.J. & E.A. HALPERN (1971): Supercooling in reptiles and other vertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.* 39a: 125-135.
151. VAN MARKEN LICHTENBELT, W.D. (1993): Digestion in an ectothermic herbivore, the green iguana (*Iguana iguana*): effect of food composition and body temperature. *Physiological Zoology* 65: 649-673.
152. MARTIN, J. & P. LOPEZ (1998): Shifts in microhabitat use by the lizard *Psammodromus algirus*: responses to seasonal changes in vegetation structure. *Copeia* : 780-786.
153. MARTIN, J. & P. LOPEZ (2002): The effect of Mediterranean dehesa management on lizard distribution and conservation. *Biological Conservation* 108: 213–219.
154. MENKE, H. (1939): Die geschützten und schützenswerten Einwanderer aus dem pontisch-mediterranen Florengebiet. *Rhein. Heimatpflege* 11: 150-158.
155. MERTENS, R. & L. MÜLLER (1940): Die Amphibien und Reptilien Europas. – Abh. Senkenb. Naturf. Ges. 45: 1-56.
156. MERTENS, R. (1947): Die Lurche und Kriechtiere des Rhein-Main Gebietes. – Frankfurt a. M. 144S..
157. MERTENS, R. & O. SCHNURRE (1949): Eidonomische und ökologische Studien an Smaragdeidechsen Deutschlands.- Abh. Senkenb. Naturf. Ges. 48: 1- 28.
158. MEYER, W. & J. STETS (2001): Das obere Mittelrheintal aus geologischer Sicht. In: Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz Band 1 (Hrsg.): Das Rheintal von Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. Verlag Philipp von Zabern. Mainz: 25-45.
159. MILES, D.B. (1994): Population differentiation in locomotor performance and the potential response of a terrestrial organism to global environmental change. *American Zoologist* 34: 422- 436.
160. MONDIAL, S. & U. RAI (2001): In vitro effect of temperature on phagocytic and cytotoxic activities of splenic phagocytes of the wall lizard, *Hemidactylus flaviviridis*. *Comp. Biochem. Physiol. A* 129, 391–398.
161. MORRIS, D.W. (1988): Habitat-dependent population regulation and community structure. *Evolutionary Ecology* 2: 253-269.

-
162. MROSOVSKY, N. (1971): „Hibernation and the Hypothalamus.“ Appelton- Century-Crofts, N.Y.: 1-19.
 163. NAULLEAU, G. (1986): Effects of temperature on 'gestation' in *Vipera aspis* and *V. berus* (Reptilia: Serpentes). In: Studies in Herpetology (Ed. ROCEK, Z.): 489-494.
 164. NETTMANN, H.K. & S. RYKENA (1984): *Lacerta viridis* (Laurenti 1768)- Smaragdeidechse.- 129- 180. In BÖHME, W. (Hrsg.): Handbuch der Amphibien und Reptilien Europas 2/1. 416 S., Wiesbaden.
 165. NETTMANN, H.K. (2001): Die Smaragdeidechsen (*Lacerta s. str.*)- Eine Übersicht über Verwandtschaft und Formenvielfalt. Mertensiella 13: 11-33.
 166. NIEHUIS, M. & P. SOUND (1996): Die Westliche Smaragdeidechse *Lacerta bilineata* (Daudin, 1802).- In: BITZ, A.; FISCHER, K.; SIMON, L.; THIELE, R. & M. VEITH (HRGS.): Die Amphibien und Reptilien in Rheinland-Pfalz. Landau.
 167. NILSON, G.; ANDRÉN, C.; IOANNIDIS, Y. & M. DIMARKI (1999): Ecology and conseration of the milos viper, *Macrovipera schweizeri* WERNER 1935.- Amphibia-Reptilia 20: 355- 377.
 168. NOLL, F.C. (1881): Neue Fundorte einheimischer Reptilien und Amphibien. - Zool. Garten 22: 119-121.
 169. OBERDORFER, E. (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Bd.2 Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saumgesellschaften, Schlag- und Hochstaudengesellschaften. Stuttgart.
 170. OBERDORFER, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsch, Text und Tabellenband. – 2. Aufl., 282 +580 S., Jena, Stuttgart und New York.
 171. OBERMANN, H.W. & M. GRUSCHWITZ (1992): Ökologische Untersuchungen zur Fauna von Trockenmauern in Weinanbaugebieten, dargestellt am Beispiel einer Weinbergslage an der Mosel. Fauna Flora Rheinland-Pfalz 6 : 1085- 1141.
 172. OLSEN, M. & R. SHINE (1997): The Limits to reproductive output: offspring size versus number in the sand lizard (*Lacerta agilis*), Am. Nat. 149: 179- 188.
 173. PARKER, W.S. & W.S. BROWN (1973): Species composition and population changes in two complexes of snake hibernacula in northern Utah. Herpetologia 29: 319-326.
 174. PARKER, W.S. & W.S. BROWN (1980): Comparative ecology of two colubrid snakes *Masticophis t. taeniatus* and *Pituophis melanoleucus deserticola*, in northern Utah. Milwaukee Pub. Mus. Publ. Biol. Geol. No. 7: 1-104.

175. PATTERSON, J.W. & P.M.C. DAVIES (1978): Preferred body temperature: seasonal differences in the lizard, *Lacerta vivipara*. J. Thermal. Biol. 3: 39-42.
176. PATTERSON, J.W. & P.M.C. DAVIES (1989): A possible effect of climate on resting metabolic rate in lizards. Copeia : 719-723.
177. PAULY, F. & H. HERMANN (1991): Das große Bopparder Stadtbild des Goswin Klökner. Boppard. Dausner Verlag, 116 S..
178. PEARSON, D.; SHINE, R. & A. WILLIAMS (2003): Thermal biology of large snakes in cool climates: a radio-telemetric study of carpet pythons (*Morelia spilota imbricata*) in south-western Australia. Jour. Ther. Biol. 28: 117–131.
179. PERRY, G. & T. GARLAND (2002): Lizard Home Ranges Revisited: Effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. Ecology, 83: 1870–1885.
180. PETREN, K.; BOLGER, D.T. & T. CASE (1993): Mechanisms in the competitive success of an invading sexual gecko over an asexual Native; Science 15: 354-356 Academic Research Library.
181. PETERS, G. (1970): Studien zur Taxonomie, Verbreitung, und Ökologie der Smaragdeidechsen. IV. Zur Ökologie und Geschichte der Populationen von *Lacerta v. viridis* (LAURENTI 1768) im mitteleuropäischen Flachland.- Veröff. Bezirksheimatmuseum Potsdam 21 (Beiträge zur Tierwelt der Mark VII): 49-119.
182. PETERS, G. (2001): Einführung in die Smaragdeidechsenforschung. Mertensiella 13: 7-10.
183. PRESTT, I. (1971): An ecological study of the viper, *Vipera berus*, in southern Britain. J. Zool. Lond. 164: 373-418.
184. PODLUKY, R. & M. WAITZMANN (1993): Lebensraum, Gefährdung und Schutz der Schlingnatter (*Coronella austriaca*, LAURENTI 1768) im norddeutschen Tiefland und in den Mittelgebirgslagen Südwestdeutschlands. – Mertensiella 3: 59-75.
185. POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands.- 427S., Stuttgart.
186. POUGH, F.H. & C. GANS (1982): The Vocabulary of Reptilian Thermoregulation. In GANS, C. & F.H. POUGH (eds.): Biology of the Reptilia, Vol. 12. Academic Press, N.Y. USA.
187. POUGH, F.H., ANDREWS, R.M.; CADLE, J.E.; CRUMP, M.L.; SAVITZKY, A.H. & K.D. WELLS (2001): Herpetology. Second edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.

188. PULLIAM, H.R. & B.J. DANIELSON (1991): Sources, sinks, and habitat selection: a landscape perspective on population dynamics. *Am. Nat.* 137: 50-66.
189. REGAL, P.J. (1967): Voluntary hypothermia in reptiles. *Science*, N.Y. 155: 1551-1553.
190. RICH, P.M.; HETRICK, W.A. & S.C. SAVINGS (1995): Modelling topographical influences on solar radiation: manual for the SOLARFLUX model. LA-12989-M, Los Alamos National Laboratories, Los Alamos.
191. RISMILLER, P.D. & G. HELDMAIER (1982): The effect of photoperiod on temperature selection in the European green lizard, *Lacerta viridis*. *Oecologia* 53: 222-226.
192. RISMILLER, P.D. & G. HELDMAIER (1986): Thermal behavior as a function of the time of day: heat exchange rates and oxygen consumption in the lacertid lizard *Lacerta viridis*. *Physiol. Zool.* 58: 71-79.
193. RISMILLER, P.D. & G. HELDMAIER (1988): How photoperiod influences body temperature selection in *Lacerta viridis*. *Oecologia* 75: 125-131.
194. RISMILLER, P.D. & G. HELDMAIER (1991): Seasonal changes in daily metabolic patterns of *Lacerta viridis*. *J. Comp. Physiol. B* 161: 482-488.
195. ROBINSON, J. (1995): *Das Oxford Weinlexikon*, 2 Bd. (A-L; M-Z). Bern, Stuttgart. Hallwag.
196. ROLLINAT, R. (1934): *La Vie des Reptiles de la France centrale*.- Paris (Delagrave).
197. ROSE, B. (1980): Factors influencing activity in *Sceloporus virgatus*. *Ecology* 62: 706-716.
198. ROSE, B. (1982): Lizard home ranges: methodology and functions. *Jour. Herp.*, 16: 253-269.
199. ROSENZWEIG, M.L. (2001): Loss of speciation rate will impoverish future diversity, *PNAS* 98 : 5404-5410.
200. RUBY, D.E. (1977): Winter activity in Yarrow spiny lizards, *Sceloporus jarrovi*. *Herpetologica* 33: 322-333.
201. RYKENA, S. (1987): Egg incubation time and northern distribution boundary in green lizard species (*Lacerta s. str.*),- In: GELDER, J.J. VAN; STRIJBOOSCH, H. & P.J.M. BERGERS (EDS.): *Proc. 4th Ord. Gen. Meet. SEH*, Nijmegen: 339-342.
202. RYKENA, S. (1991): Kreuzungsexperimente zur Prüfung der Artgrenze im Genus *Lacerta sensu stricto*. – *Mitt. Zool. Mus. Berlin.* 67 : 55-68.

203. RYKENA, S.; NETTMANN, H.K. & R. GÜNTHER (1996A): Westliche Smaragdeidechse *Lacerta bilineata* (DAUDIN 1802).- 558-565. In GÜNTHER, R. (HRSG.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena.
204. RYKENA, S.; NETTMANN, H.K. & R. GÜNTHER (1996B): Smaragdeidechse *Lacerta viridis* (Laurenti 1768).- 566- 580. In: GÜNTHER, R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena.
205. RYKENA, S. (2001): Experimental hybridization in green Lizards (*Lacerta s. str.*), a tool to study species boundaries. *Mertensiella* 13: 78-89.
206. SAINT GIRONS, H. & M.C. SAINT GIRONS (1956): Cycle d' activité thermorégulation chez les reptiles (lézards et serpents). *Vie Milieu* 7: 133-226.
207. SAINT GIRONS, H. (1973): Le cycle sexual chex *Vipera aspis* (L.) en montagne. *Vie Milieu* 23: 309-328.
208. SANDERS, J.S. & J.S. JACOB (1981): Thermal ecology of the copperhead (*Agkistrodon contortrix*). *Herpetologia* 37, 264-270.
209. SCHALL, J.J. (1992): Parasite-mediated competition in Anolis lizards. *Oecologia* 92: 58-64.
210. SCHALL, J.J.; PRENDEVILLE, H.R. & K.A. HANLEY (2000): Prevalence of the tick, *Ixodes pacificus*, on western fence lizards, *Sceloporus occidentalis*: Trends by gender, size, season, site, and mite infestations. *Jour. Herp.* 34: 160-163.
211. SCHAUSTEN, H.; SOUND, P. & R. TWELBECK (1993): Artenschutzprojekt Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*).- 28 S., Kartenteil. Gutachten im Auftrage des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland- Pfalz, Oppenheim.
212. SCHEERS, H. & R. VAN DAMME (2002): Micro-scale differences in thermal habitat quality and a possible case of evolutionary flexibility in the thermal physiology of lacertid lizards. *Oecologia*:132: 323–331.
213. SCHLESINGER, C.A. & R. SHINE (1994): Selection of diurnal retreat sites by the nocturnal gekkonid lizard *Oedura lesueurii*. *Herpetologica* 50: 156-163.
214. SCHMITT, T. (1989): Xerothermvegetation an der Unteren Mosel. *Giessener Geographische Schriften* 66, 188 S..
215. SCHMITT, E. (1991): Biotopverbundmodell Oberer Mittelrhein. *Giessener Geographische Schriften* 69: 201 S. + Karten.
216. SCHMITTLER, J.F. (2001): Zur Verbreitung, Habitatwahl, und Chorologie der türkischen Smaragdeidechsen (*Lacerta s. str.*). *Mertensiella* 13: 165-188.

-
217. SEEBACHER, F. & R. SHINE (2004): Evaluating thermoregulation in reptiles: the fallacy of the inappropriately applied method. *Physiological and Biochemical Zoology* 77: 688-695.
218. SHINE, R. & T. MADSEN (1996): Is thermoregulation unimportant for most reptiles? An example using water pythons (*Liasis fuscus*) in tropical Australia. *Physiological Zoology* 69: 252-269.
219. SHINE, R.; WEBB J.K.; FITZGERALD, M. & J. SUMNER (1998): The impact of bush-rock removal on an endangered snake species, *Hoplocephalus bungaroides* (Serpentes: Elapidae). *Wildlife Research* 25: 285-295.
220. SHINE, R. (1999): Egg-laying reptiles in cold climates: determinants and consequences of nest temperatures in montane lizards. *Jour. Evol. Biol.* 12: 918-926.
221. SHINE, R. & S.J. DOWNES (1999) Can pregnant lizards adjust their offspring phenotypes to environmental conditions? *Oecologia* 119: 1-8.
222. SHINE, R. & M. KEARNEY (2001): Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures? *Funct. Ecol.* 15: 282-288.
223. SHINE, R.; BARROTT, M. & J. ELPHICK (2002): Some like it hot: effects of forest clearing on nest temperatures of montane reptiles. *Ecology* 83: 2808-2815.
224. SHINE, R. (2003a): Locomotor speeds of gravid lizards: placing "costs of reproduction" within an ecological context. *Functional Ecology* 17: 526-533.
225. SHINE, R. (2003b): Effects of pregnancy on locomotor performance: an experimental study on lizards. *Oecologia* 136: 450-456.
226. SHINE, R. (2004): Incubation regimes of cold-climate reptiles: the thermal consequences of nest-site choice, viviparity and maternal basking. *Biol. J. Linn. Soc.* 83: 145-155.
227. SHINE, R.; WALL M.; LANGKILDE, T. & R.T. MASON (2005): Scaling the heights: thermally-driven arboreality in garter snakes. *Jour. Ther. Biol.* 30: 179-185.
228. SMITH, A.W. & C.D. YORKE (1980): Winter activity and mortality in juvenile chuckwallas (*Sauromalus obesus*). *J. Herpetol.* 14: 100-101.
229. SMITH, G.R. (1996): Mites on striped plateau lizards (*Sceloporus virgatus*: Phrynosomatidae): abundance, distribution and effects on host growth. *Herpetological Natural History* 4: 175-180.

-
230. SMITH, G.R. & R.E. BALLINGER (2001): The ecological consequences of habitat and microhabitat use in lizards: A Review Contemporary Herpetology 2001 Number 3: 1094-2246.
231. SOUND, P. & H. SCHAUSTEN (1997): Neue Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse *Lacerta (viridis) bilineata* DAUDIN, 1802 an Rhein und Mosel. Zeitschrift für Feldherpetologie 4: 157-165.
232. SOUND, P. (1997): Raumbedarf, Dispersionspotential und Mikrohabitatnutzung einer räumlich strukturierten Population der Westlichen Smaragdeidechse *Lacerta bilineata* (DAUDIN, 1802).- unveröff. Diplomarbeit.- Universität Mainz.
233. SOUND, P. (1999): Western Green Lizard *Lacerta bilineata* DAUDIN, 1802 predated Smooth Snake *Coronella austriaca* LAURENTI, 1768 in the Middle Rhine valley Germany, Herpetofauna.
234. SOUND, P. & B. BECK (1999): E+E Projekt Mittelrheintal, Eine Chance für die Region. Beitrag zur 4. Mittelrheinkonferenz. Tagungsband.
235. SOUND, P. & M. VEITH (2000): Weather effects on daily movements of the Western green lizard, *Lacerta bilineata* DAUDIN, 1802 at its northern distribution range border. Can. J. Zoology 78: 1-9.
236. SOUND, P. (2001a): Status und Gefährdung der Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata* DAUDIN, 1802) in Rheinland- Pfalz. Mertensiella 13: 105-111.
237. SOUND, P. (2001b): Maßnahmen zum Schutz der Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata* DAUDIN, 1802) in Rheinland-Pfalz. Mertensiella 13: 241-251.
238. SOUND, P. (2001c): Zur Entwicklung der Kulturlandschaft in Boppard. Gutachten im Auftrag der Stadt Boppard.
239. SOUND, P. (2001d): Die Entwicklung der Kulturlandschaft im Mittelrheintal unter der Berücksichtigung verschiedener Szenarien. Gutachten im Auftrag des Mittelrheinformums.
240. SOUND, P. (2001e): Zur Entwicklung der Sozioökonomischen Strukturen im Mittelrheintal unter der Berücksichtigung verschiedener Szenarien. Gutachten im Auftrag des Mittelrheinformums.
241. SOUND, P. & M. VEITH (2001): Radiotelemetrische Untersuchungen zu Raumbedarf, Habitatwahl und Innerhabitatbewegungen der Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata*, DAUDIN 1802) im Mittelrheintal, mit Vergleichen zwischen Männchen und Weibchen. Mertensiella 13: 195-204.

-
242. SOUND, P. & V. SANOVEC (2001): Auf dem Weg zur Parklandschaft. Wie wird es am Mittelrhein in 30 Jahren aussehen. Beitrag zur 4. Mittelrheinkonferenz. Tagungsband.
243. SOUND P.; SEITZ, A. & M. VEITH (2001). Anwendung und Verträglichkeit der Radiotelemetrie bei der Westlichen Smaragdeidechse (*Lacerta bilineata* DAUDIN, 1802). Mertensiella 13: 188-195
244. SPELLERBERG, I.F. (1974): Influences of photoperiod and light intensity on lizard voluntary temperatures. Br. J. Herpetol. 5: 412-420.
245. SPELLERBERG, I.F. (1976): Adaptations of reptiles to cold. In: BELLAIRS, A. & C.B. COX (eds.): Morphology and biology of reptiles. Linn. Soc. Sym. Ser. 3: 261-285.
246. SPIEß, E.D. & K.J. SABEL (2001): Die Böden. In: Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz Band 1 (Hrsg.): Das Rheintal von Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. Verlag Philipp von Zabern, Mainz: 45-49.
247. SPILGER, L. (1936): Die botanische Erschließung des Mittelrheingebietes im 16. und 17. Jahrhundert. Ber. oberhess. Ges. Natur- und Heilkunde. N.F. Naturwiss. Abteilung 17: 13-56.
248. SPITZ, F. (1971): Quelques données sur les lizards (*Lacerta viridis* et *L. agilis*) marqués à la pointe d'Arcay (Vendée). Terre Vie, Paris, 25: 86-95.
249. STASCHINSKI, C.; WEIER, U. & M. RODE (1999): Analyse der Kulturlandschaft am Mittelrhein.- Vor dem Hintergrund der Initiative zur Aufnahme in die UNESCO – Welterbeliste-. 3. Projekt am Institut für Landschaftspflege und Naturschutz. Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung. Universität Hannover.
250. STAMPS, J.A. (1977) Social behavior and spacing patterns in lizards. In: C. GANS & D. W. TINKLE, (eds.) Biology of the Reptilia. Volume 7. Academic Press, London, UK: 265–334.
251. STAMPS, J.A.; KRISHNAN V.V. & R.M. ANDREWS (1994) Analyses of sexual size dimorphism using null growth based models. Copeia: 598–613.
252. STEMLER, O. (1968): Herpetologische Beobachtungen auf der Insel Elba, Topi, Ortano, Palmajola, Cerboli und dem Monte Masselano (Italien). Rev. Suisse Zool. Geneve, 75: 883-926.
253. STRÜBING, H. (1954): Über Vorzugstemperaturen von Amphibien. Morph. u. kol. Tiere 43: 357-386.
254. STRIJBOOSCH, H.; BONNMAYER, J.J.A.M. & P.J.M. DIETVORST (1980): The northernmost population of *Podarcis muralis* (Lacertilia, Lacertidae). Amphibia-Reptilia 1: 161-172.

255. STRIJBOSCH, H. & J.J. VAN GELDER (1993): Ökologie und Biologie der Schlingnatter, *Coronella austriaca* (LAURENTI 1768) in den Niederlanden.- 39-58. In GRUSCHWITZ, M.; KORNACKER, P.M.; PODLUCKY, R.; VÖLKL, W. & M. WAITZMANN (Hrsg.): Verbreitung, Ökologie und Schutz der Schlangen Deutschlands und angrenzender Gebiete. Mertensiella 3: 39-59.
256. STRIJBOSCH, H. (1995): Population structure and displacements in *Lacerta vivipara*. In: LLORENTE G.A.; MONTORI A.; SANTOS X & M.A. CARRETERO (eds.) Scientia Herpetologica. Barcelona, Spain: 232-236.
257. STUMPEL, A.H.P. (1988): Habitat selection and management of the Sand lizard, *Lacerta agilis* L., at the Utrechtse Heuvelrug Central Netherlands. In: GLANDT D. & BISCHOFF W. (eds), Biologie und Schutz der Zauneidechse (*Lacerta agilis*). Mertensiella 1: 122–131.
258. SVEEGAARD, B. & I.L. HANSEN (1976): Temperature regulations in lizards (*Lacerta vivipara*, *L. agilis* and *L. pityusensis*). Norwegian J. Zool. 24: 232.
259. SZTATECSNY, M. & R. SCHABETSBERGER (2005): Into thin air: vertical migration, body condition, and quality of terrestrial habitats of alpine common toads, *Bufo bufo*. Can. Jour. Zool. 83: 788–796.
260. TÄLLEKLINT-EISEN, L. & R.J. EISEN (1999): Abundance of ticks (Acari: Ixodidae) infesting the western fence lizard, *Sceloporus occidentalis*, in relation to environmental factors. Experimental and Applied Acarology 23: 731-740.
261. TADDEI, A. (1950): Le Lacerta (*Lacerta*) in Italia. Pontificia academia Scientiarum Commentationes. Rom. 14: 197-219.
262. TERYSHNIKOV, M.F. (1976): Influence of weather and climate on activity of sand and varicolored lizards. Sov. J. Ecol. 7: 237-240.
263. THOMAS, J. A.; ROSE, R. J.; CLARKE, R.T., TMOMAS E.D. & N.R. WEBB (1999): Intraspecific variation in habitat availability among ectothermic animals near their climatic limits and their centers of range. Functional Ecology, 13: 55- 64.
264. TOSINI, G. & R. AVERY (1996a): Spectral composition of light influences thermoregulatory behaviour in a lacertid lizard (*Podarcis muralis*). Jour. therm. Biol. 21: 191-195.
265. TOSINI, G. & R. AVERY (1996b): Photoperiod affects thermoregulatory set point temperatures in the wall lizard *Podarcis muralis*. Amphibia-Reptilia 17: 86-88.

-
266. TOSINI, G.; JONES, S. & R. AVERY (1994): Effects of feeding on set point temperatures and thermoregulatory behaviour in the lizards *Podarcis muralis* and *Lacerta vivipara*. *Amphibia-Reptilia* 15: 257-265.
267. TOSINI, G.; JONES, S. & R. AVERY (1995): Infra-red irradiance and set point temperatures in behaviourally thermoregulating lacertid lizards. *Jour. therm. Biol.* 20: 497-503.
268. TURNER, F.B.; JENNRICH, R.I. & J.D. WEINTRAUB (1969): Home range and body size of lizards. *Ecology* 50: 1076–1081.
269. ULRICH, B.; MAYER, R. & P.K. KHANNA (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. *Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen, Sauerländer Verlag Frankfurt*. 58: 291 S.
270. VANHOODYDONCK, B.; VAN DAMME, R. & P. AERTS (2002): Variation in speed, gait characteristics and microhabitat use in lacertid lizards, *Jour. Exp. Biol.* 205: 1037-1046.
271. VEITH, M (1996): Vergleichende Aspekte der Ökologie der rheinland-pfälzischen Amphibien- und Reptilienarten In: BITZ, A.; FISCHER, K.; SIMON, L.; THIELE, R. & M. VEITH (Hrsg.): *Die Amphibien und Reptilien in Rheinland-Pfalz*. Landau.
272. VERNON, P. & G. VARNIER (2002): Evolution of freezing susceptibility and freezing tolerance in terrestrial arthropods. *C. R. Biologies* 325: 1185–1190.
273. VIANDEN, J. (1952): Nördliches Vordringen der Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) im Rheintal linksrheinisch. - *Naturwiss. Rundschau* 1: 31.
274. VIITANEN, P. (1967): Hibernation and seasonal movements of the viper, *Vipera berus* (L.), in southern Finland, *Ann. Zool. Fenn.* 4: 472-546.
275. VITT, L.J. (1974): Winter aggregations, size classes and relative tail breaks in the tree lizard, *Urosaurus ornatus* (Sauria: Iguanidae). *Herpetologica* 30: 182-183.
276. VOITURON Y.; HEROLD, J.P. & C. GRENOT (2000): Metabolic adaptations of overwintering European common lizard (*Lacerta vivipara*). *Physiol. Biochem. Zool.* 73: 264–270.
277. VOITURON, Y.; STOREY, J.M.; GRENOT, C. & K.B. STOREY (2002A): Freezing survival, body ice content and blood composition of the freeze-tolerant European common lizard, *Lacerta vivipara* *Journal of comparative physiology B Biochemical systemic and environmental physiology*, 172: 71-76.

-
278. VOITURON, Y.; VERDIER, B. & C. GRENOT (2002B): The respiratory metabolism of a lizard (*Lacerta vivipara*) in supercooled and frozen states. *Am. J. Physiol.* 283: 181–186.
279. VOITURON, Y.; HEULIN, B. & Y. SURGET-GROBA (2004): Comparison of the cold hardiness capacities of the oviparous and viviparous forms of *Lacerta vivipara* *Jour. Exp. Zool A-Comparative experimental biology*, 301 (4): 367-373.
280. VOLK, O. (1997): Die Erschließung des mittleren Rheinlandes für den Weinbau im Hoch- und Spätmittelalter. *Ber. z. dt. Landeskunde* 71(1): 107-128.
281. VOLK, O. (1998): *Wirtschaft und Gesellschaft am Mittelrhein vom 12. bis zum 16. Jahrhundert.*- Wiesbaden: Historische Kommission für Nassau.
282. VOLSØE, H. (1944): Structure and seasonal variation of the male reproductive organs of *Vipera berus* (LINNAEUS 1758). *Spolia. Zool. Mus. Hauniensis* 5: 1-157.
283. WALDSCHMIDT, S. & C.R. TRACY (1983): Interactions between a lizard and its thermal environment: implications for sprint performance and space utilization in the lizard *Uta stansburiana*. *Ecology* 64: 476-484.
284. WANG, J.P. & S.C. ADOLPH (1995): Thermoregulatory consequences of transmitter implant surgery in the lizard *Sceloporus occidentalis*. *J. Herpetol.* 29: 489-493.
285. WEBB, J. & R. SHINE (2000): Paving the way for habitat restoration: can artificial rocks restore degraded habitats for endangered reptiles? *Biological Conservation* 92: 93-99.
286. WEBER, H. (1957): Vergleichende Untersuchung des Verhaltens von Smaragdeidechsen (*L. viridis*), Mauereidechsen (*L. muralis*), und Perleidechsen (*L. lepida*). *Z. Tierpsych.* 14: 448-472.
287. WEINSTEIN, R.B. (1998): Effects of temperature and water loss on terrestrial locomotor performance in land crabs: integrating laboratory and field studies. *Am. Zool.* 38: 518–527.
288. WHITE, G.C. & R.A. GARROT (1990): *Analysis of wildlife radiotracking data.* Academic Press. San Diego, California. USA
289. WITHERS, P.C. (1992): *Comparative animal Physiology.* Saunders Forth worth TX. USA.
290. ZANG, Y.P. & X. JI (2004) The thermal dependence of food assimilation and locomotor performance in southern grass lizards, *Takydromus sexlineatus* (Lacertidae), *J. therm. Biol.*: 45-53.

291. ZIMMERMAN, L.C. & C.R. TRACY (1989): Interactions between the environment and ectothermy and herbivory in reptiles. *Phys. Zool.* 62: 374-409.
292. ZUTZ, A. (2004): Abschätzung von Jahresmitteltemperaturen durch Bodentemperaturmessungen im Mittelrheintal, -unveröff. Diplomarbeit- Universität Mainz.

Anhang

- Geologie
- Relief
- Klima
- Vegetation
- Agrarhistorische Entwicklung (incl. Abb. 1-6)
- Abb. 7: Vegetationskartierung des Untersuchungsgebietes und umliegender Flächen (Stand 2000)
- Abb. 8: Pflegemaßnahmen für die Westliche Smaragdeidechse im Bereich des Ellingswegs zwischen 1993- 2000 (Konzipiert und durchgeführt vom Autor im Auftrag der SGD Nord).
- Abb. 9: Insolation des Mittelrheingebietes unter Berücksichtigung der aktuellen und ehemaligen Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse (schwarz umrandete Flächen) (verändert nach A. ZUTZ)
- Abb. 10: Entwicklung der Luftfeuchtigkeit zwischen 1978-2000
- Abb. 11: Entwicklung der Tagesminimaltemperaturen zwischen 1978-2000, $\bar{\Delta} 6,25^{\circ}\text{C}$, $n=8115$ Tage
- Tabelle 1: Zusammenfassende deskriptive Statistik aller Hibernationsmessreihen
- Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.11 in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-09.02.97
- Abb. 13: Temperaturverlauf im Hibernationsquartier von Männchen Nr.11 vom 03.12.96-09.02.97
- Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-09.02.97
- Abb. 15: Temperaturverlauf im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 vom 03.12.96-09.02.97
- Abb. 16: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-25.01.97
- Abb. 17: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 vom 03.12.96-25.01.97
- Abb. 18: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 19: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 20: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 21: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 22: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 23: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 24: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 25: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 26: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 27: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97
- Abb. 29: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

- Abb. 30: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 02.12.96-09.02.97
- Abb. 31: Verlauf der Luftfeuchtheitswerte Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 02.12.96-09.02.97
- Abb. 32: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1997/1998 von Nr.21 vom 28.10.97-26.02.98
- Abb. 33: Temperaturverlauf im Hibernationsquartier von Männchen Nr.21 vom 28.10.97-26.02.98
- Abb. 34: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 16.11.97-28.02.98
- Abb. 35: Lufttemperaturverlauf vom 16.11.97-28.02.98
- Abb. 36: Häufigkeitsverteilung der Durchschnittstemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 von Nr.5 & 26 vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 37: Verlauf der Temperaturdurchschnittswerte von Nr.5 & 26 während der Hibernation vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 38: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 von Nr.5 vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 39: Verlauf der Temperaturwerte von Nr.5 während der Hibernation vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 40: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 von Nr.26 vom 29.10.98-08.02.99
- Abb. 41: Verlauf der Temperaturwerte von Nr.26 während der Hibernation vom 29.10.98-08.02.99
- Abb. 42: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 im Sommerloch 1
- Abb. 43: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 1 während der Hibernationsperiode vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 44: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 im Sommerloch 2
- Abb. 45: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 2 während der Hibernationsperiode vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 46: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999
- Abb. 47: Verlauf der Lufttemperaturwerte während der Hibernationsperiode vom 29.10.98-28.02.99
- Abb. 48: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von Nr.26 vom 24.10.99-08.02.00
- Abb. 49: Verlauf der Temperaturwerte im Hibernationsquartier von Nr.26 vom 24.10.99-08.02.00
- Abb. 50: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von einem Sommerloch 1 vom 12.11.99-08.02.00
- Abb. 51: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 1 vom 12.11.99-08.02.00
- Abb. 52: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von einem Sommerloch 2 vom 12.11.99-08.02.00
- Abb. 53: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 2 vom 12.11.99-08.02.00
- Abb. 54: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einem Gebüsch vom 02.11.99-08.02.00
- Abb. 55: Verlauf der Temperaturwerte im Gebüsch vom 02.11.99-08.02.00
- Abb. 56: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einer Wärmestruktur vom 02.11.99-16.01.00
- Abb. 57: Verlauf der Temperaturwerte in einer Wärmestruktur vom 02.11.99-16.01.00

- Abb. 58: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 auf dem Plateau der vorderen Hauptterrasse vom 02.11.99-24.12.99
- Abb. 59: Verlauf der Temperaturwerte auf dem Plateau der Hauptterrasse vom 02.11.99-24.12.99
- Abb. 60: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 im Steilhang vom 24.10.99-08.02.00
- Abb. 61: Verlauf der Temperaturwerte im Steilhang vom 24.10.99-08.02.00
- Abb. 62: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von Nr.26 vom 29.10.99-06.02.01
- Abb. 63: Verlauf der Temperaturwerte im Hibernationsquartier vom 29.10.00-06.02.01
- Abb. 64: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einem Sommerloch vom 29.10.99-06.02.01
- Abb. 65: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch vom 29.10.00-06.02.01
- Abb. 66: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einer Mauer 80cm tief vom 29.10.00-13.01.01
- Abb. 67: Verlauf der Temperaturwerte in einer Mauer 80cm tief vom 29.10.00-06.02.01
- Abb. 68: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in der Luft vom 29.10.00-13.01.01
- Abb. 69: Verlauf der Temperaturwerte in der Luft vom 29.10.00-06.02.01
- Tab. 2: Zusammenfassende deskriptive Statistik aller männlichen und weiblichen Tiere, deren Raumnutzung untersucht wurde
- Tab. 3: Zusammenfassende deskriptive Statistik aller männlichen Tiere (incl. mehrfach telemetrierte Tiere)
- Tab. 4: Verteilung der Mikrohabitatstrukturen in den Aktionsräumen der Männchen (m², gerundete Werte)
- Tab. 5: Verteilung der Mikrohabitatstrukturen in den Aktionsräumen der Weibchen (m², gerundete Werte)
- Tab. 6: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatstrukturnutzung von Männchen und Weibchen auf der Ebene der Aktionsräume
- Tab. 7: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatstrukturnutzung von Männchen und Weibchen auf der Ebene der Homeranges, signifikante p Niveaus hervorgehoben
- Tab. 8: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatnutzung zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homerange der Männchen
- Tab. 9: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatnutzung zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homerange der Weibchen
- Tab. 10: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung der Männchen zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homeranges; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)
- Tab. 11: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung der Weibchen zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homeranges; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)
- Tab. 12: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung zwischen den Männchen und den Weibchen auf der Ebene der Aktionsräume; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)
- Tab. 13: Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe), Vergleich zwischen der Nutzung der Grenzlinienstruktur (Fels/Heide) zwischen Männchen und Weibchen auf Ebene der Aktionsräume; Fels (F), Heide (H)
- Tab. 14: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung zwischen den Männchen und den Weibchen auf der Ebene der Homeranges; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

Geologie

Das Mittelrheintal ist durch schnelle, abrupte Wechsel der geologischen Formationen und des Reliefs geprägt. Diese spiegeln sich auch in den Böden wieder. Sehr heterogene Böden sind hier innerhalb geringer Distanzen zu erwarten. Die Terrassenflächen der Haupt- und Mittelterrasse zeigen gut entwickelte, lößbedeckte Flächen, die durch Parabraunerden geprägt sind. Dort, wo reliefbedingt ein Erosionsabtrag stattgefunden hat, sind diese Böden teilweise bis hin zur Pararendzina zurückgebildet (SPIEß & SABEL 2001). In den Steilhängen, die einer langen landwirtschaftlichen Nutzung unterlagen, sind so genannte Regosolböden vorherrschend. Dennoch ist im Einzelfall die Bodengenese vom Relief und den dadurch bedingten Transformations- und Translokationsprozessen abhängig. Diese Bodengenese ist oft in den erosionsgefährdeten Steilhanglagen äußerst gering entwickelt bzw. überschreitet meist das Initialstadium nicht (SCHMITT 1991). Da die mineralogisch einheitlich sauren und kieselsäurehaltigen Ausgangsgesteine keine Differenzierungen der Bodentypen und Veränderungen der Bodeneigenschaften zur Folge haben, müssen auftretende edaphische Unterschiede auf die Reliefausbildung zurückgeführt werden. Daher sind verschiedenste Formen der Pararendzina und Regosolböden in den Steilhanglagen der Mittelhänge typisch. Im Hangfußbereich und in den flacheren Unterhanglagen, die weniger erosionsgefährdet sind und zudem das aberodierte Material der Mittelhänge akkumulieren, herrschen tiefergründige Braunerden vor. In den Hangfußbereichen entstanden aus dem erosionsbedingten Schieferverwitterungsmaterial auch Kolluvisole und Kolluvisol-Gley (SPIEß & SABEL 2001). In den Oberhängen, vor allem im Übergangsbereich zur Hauptterrasse, stellen Regosolböden auf der Basis von Kies eine Eigenheit dar, die auf quartären Flussablagerungen basiert. Im nördlichen Mittelrheingebiet stellen Bimsschleier aus dem Vulkanausbruch des Laacher Sees im Spätglazial (max. 5cm), als Beimengung, in den Solifluktsdecken eine Besonderheit dar. Auch werden hier zusätzlich Lockerbraunerden und Übergänge zu Lockerbraunerden nachgewiesen (SPIEß & SABEL 2001).

Relief

Die Modellierung des Reliefs des Mittelrheintals in seiner heutigen Gestalt wurde im Pliozän begonnen und im Pleistozän weitgehend abgeschlossen. Im Pliozän erfolgte ein verstärkter Aufstieg der rheinischen Masse (MEYER & STETS 2001). Durch diese erfolgte eine erste Abtragung des Rheins und seiner Nebenflüsse. Trotzdem senkte sich der Fluss nur langsam und gestaffelt ein. Das Tal war noch Kilometer breit. Der Fluss strömte mäandrierend mit mehreren Flussarmen und schuf das sogenannte Plateautal mit mehreren Terrassenebenen. Die jüngere Hauptterrasse, die zum Teil sehr weit ausgreift, stellt den letzten flachen Talboden vor Beginn des mittleren Pleistozäns, dar. Diese ist besonders im Raum Boppard

und nördlich davon sehr ausgeprägt. Altpleistozäne Terrassen sind dort gut erhalten und zeichnen das breite Plateautal nach. Sie sind aus quarzreichen Schottern aufgebaut und jünger als die den Hochflächen zuzuordnenden pliozänen Kieseloolith-Terrassen. Vor ca. 800.000 Jahren setzte im mittleren Pleistozän eine verstärkte Hebung des Gebirges ein. Diese ging einher mit Glazialen und Interglazialen. Der Fluss war gezwungen sich in die von ihm geschaffene Talrinne einzusenken. Dies führte zu einer schluchtartigen Einsenkung. Die Talfurchungsgestalt wurde durch die sich abwechselnden Glaziale mit Aufschotterungen im Flussbett und Interglaziale mit einer Tiefenerosion verursacht. Die Tieferlegung der Erosionsbasis, durch die stetige geologische Hebung, führte zu einer Verstärkung der Tiefenerosion, die einen Abtrag der Mittelterrassen zur Folge hatte. Diese sind heute nur noch als felsige Reste und Felssporne erhalten geblieben und als Standorte der meisten Burgen am Mittelrhein eindeutig anzusprechen. Damit ist der Canyon des Mittelrheintals heute das Ergebnis eines 800.000 Jahre dauernden Prozesses (SCHMITT 1991).

Klima

Beim Mittelrheintal spricht man von einem klimatischen Gunstraum (KERN 2001). Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass das canyonartige Engtal den klimatischen Gegebenheiten der umgebenden Hochflächen entzogen ist. Grundsätzlich stellt dabei das Rheinische Schiefergebirge als Rahmenlandschaft des Mittelrheintals einen Grenzraum dar. Im nördlichen Teil prägt das Atlantische Klima des norddeutschen Tieflandes die Region, während im südlichen Teil das kontinentale Klima des südlichen Vorlandes prägend wirkt. Das Rheinische Schiefergebirge wirkt somit als Wetterscheide (BITZ & FRICK 1996). Die Klimagunst des Tals wirkt sich dahingehend aus, dass die mittlere Jahrestemperatur mit 9,5°C um 2° bis 2,5°C höher liegt, als in den benachbarten Gebirgszügen. Die Niederschläge liegen im Vergleich um 200 bis 300mm niedriger. Diese Gunstbedingungen sind jedoch nicht überall gleich ausgeprägt. Am nördlichen Ende bei Koblenz werden durchschnittlich 35 Tage im Jahr mit 25°C erreicht. In Bingen sind es 40 Tage. Demgegenüber wird ein Tagesminimum von 0°C in Koblenz durchschnittlich an 52 Tagen erreicht und in Bingen an durchschnittlich 63 Tagen. Dies belegt den ozeanischen Einfluss an einem Ende bzw. kontinentalen am anderen Ende des Oberen Mittelrheintals. Im Detail muss das Kleinklima noch differenzierter betrachtet werden (SCHMITT 1991). Lokale, orographische Faktoren können zu sehr verschiedenartigen lokalen klimatischen Verhältnissen führen. Dies kann auf nahezu alle klimatischen Faktoren Auswirkungen haben. Ein Beispiel hierfür ist der Einfluss des so genannten Wisperwindes im Wispertal, der sehr lokal begrenzt zu Kaltluftvorstößen führen kann. Auch der Raum der Bopparder Rheinschleife hat seine kleinklimatischen Eigenheiten.

Vegetation

Da die Pflanzengesellschaften des Gebietes äußerst vielschichtig sind und vielfach Zwischenstadien bzw. Übergangsformen ausbilden, kann die nachfolgend gegebene Übersicht nur als erster Einblick in die Vegetationsgesellschaften gewertet werden. Die Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebietes sind durch abrupte Wechsel geprägt, die ein nebeneinander von vielen verschiedensten Vegetationsformen auf engem Raum beinhalten. Dabei ist die potentielle natürliche Vegetation nur kleinflächig ausgebildet, was auf die Nutzungsgeschichte des Gebietes zurückzuführen ist. Der Ist-Zustand des Gebietes spiegelt also den jeweiligen Sukzessionsstand basierend auf der ursprünglichen Nutzung bzw. deren Ende dar. Die geringe Bodenaufage, der Neigungswinkel, Exposition und regionale edaphischen Gegebenheiten des Mittelrheintals prägen die Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebietes entscheidend mit.

Da viele Pflanzengesellschaften aufgrund geringer Ausprägung nicht flächenscharf dargestellt werden können (vergl. Anhang), wurden diese als Konglomerate dargestellt und sind nachfolgend textlich bzw. aufgeschlüsselt beschrieben. Die Unterteilung und auch die Ausführungen erfolgen analog SCHMITT (1991) & KORNEK (1974). Hierbei muss beachtet werden, dass viele Pflanzengesellschaften im Untersuchungsgebiet nicht klar angesprochen werden können. Dies gilt vor allem für die instabilen Stadien der Offenlandgesellschaften. Von entscheidender Bedeutung sind hierbei die Strukturen und Deckungsgrade der jeweiligen Vegetationsformen, da sie für die nachfolgend dargestellten Ergebnisse von Bedeutung sind. Die Berechnung der Flächengrößen erfolgte auf der Basis von Luftbildauswertungen in GIS im Flächeninformationsprogramm des Ministeriums für Weinbau, Rheinland-Pfalz (www.flo.rlp.de, 04.04.2005). Die angegebenen Flächengrößen beziehen sich auf gerundete Werte.

Wälder

Wälder sind im Untersuchungsgebiet nur sehr kleinflächig vorhanden, was auf eine intensive ehemalige Nutzung hinweist. Nur entlang eines Grabens im Grauertsbachtal sind bereits in den 40er Jahren Waldstrukturen vorhanden gewesen (vergl. auch Abb. 13). Außerdem konnten sich auf einem großen zentralen Felsareal, welches das Ellingsgebiet von Nordwesten nach Südosten durchzieht, seit den 40er Jahren Waldflächen ungestört entwickeln. Am östlichen Rand des Untersuchungsgebietes liegen größere Niederwaldflächen, die seit den 40er Jahren nicht mehr auf Stock gesetzt wurden und somit durchgewachsen sind.

Hainsimsen-(Habichtskraut)-Traubeneichen Wald (*Luzulo-Quercetum petrae*)

Das *Luzulo-Quercetum* ist eine bezeichnende Waldgesellschaft auf trockenen basenarmen, sauer-humosen und meist flachgründigen Gesteinsverwitterungsböden und besitzt u.a.

innerhalb Deutschlands im Rheinischen Schiefergebirge einen Verbreitungsschwerpunkt (HÄRTLE et al. 1997). Die Gesellschaft besiedelt primär Standorte, auf denen *Fagus sylvatica* nicht konkurrenzfähig ist, hat aber durch die ausgedehnte Niederwaldbewirtschaftung eine weite, sekundäre Ausbreitung auf potentielle Buchenstandorte erfahren (SCHMITT 1989). Im östlichen Teil an der Grenze des Projektgebietes liegt ein größerer Bestand dieser Waldgesellschaft, der insgesamt 52.900m² (Gesamtfläche incl. Areale die außerhalb des Untersuchungsgebietes liegen) groß ist. Auch hier hat eine intensive Nutzung in der Vergangenheit stattgefunden. In Abb. 14 sind größere Kahlflächen erkennbar. Auch ist eine Nutzung für den angrenzenden Bergbau belegt (mündl. Mitt. Herr Schweikert, Spay). In Bezug auf die präferierten Habitateigenschaften der Westlichen Smaragdeidechse wird trotz des geschlossenen Waldbestandes der Boden nicht extrem beschattet, die Sonne kann stellenweise diesen erreichen. Die Krautschicht ist nur gering ausgeprägt, was nur eine geringe direkte Deckung offeriert.

Felsenahorn-Traubeneichen-Wald (*Aceri monspessulani-Quercetum petraeae*)

Die submediterranen Eichen-Mischwälder bilden am Nordrand des Mittelmeerraums und in der montanen Stufe der Mittelmeerregion zonale Waldgesellschaften aus (OBERDORFER 1993). In Süddeutschland sind diese Waldgesellschaften auf extrazonale Vegetationsinseln beschränkt. Die heutigen Vorkommen sind als Relikte der in der postglazialen Wärmezeit weiter verbreiteten Gesellschaften zu sehen. Am Mittelrhein findet sich diese Waldgesellschaft vornehmlich in zwischen Felsen eingeschnittenen Runsen und ist immer nur fragmenthaft ausgebildet. Dies ist auch im Untersuchungsgebiet der Fall, wo einzelne Bestände nur in zwei Fällen die 1.000m² Größe überschreiten (Abb. 11) und dort mit großen Felsformationen einhergehen. Zum Teil vorhandene Trockenmauern in den Flächen deuten auch dort auf eine ehemalige Nutzung hin. Allerdings dürfte die direkte Nutzung dieser Flächen vor dem 2. Weltkrieg stattgefunden haben (vergl. Abb. 14). Im Untersuchungsgebiet wächst diese Waldgesellschaft auf insgesamt 13.000m² an und ist auf insgesamt acht Flächen verteilt. Diese bilden nur selten dichte Bestände aus, meist besteht eine enge Verzahnung mit Fels und Schotterfluren. Auch diese Waldgesellschaft bietet der Westlichen Smaragdeidechse einen heterogenen Wechsel an offenen und beschatteten Flächen.

Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald (*Stellario holostea-Carpinetum betuli*)

Diese Pflanzengesellschaft ist eine subatlantisch verbreitete Waldgesellschaft und hat ihren Verbreitungsschwerpunkt im Nordwesten Deutschlands. Sie kommt auch in Süddeutschland auf feuchten Grund- und Stauwasserböden vor (POTT 1992). Im Untersuchungsgebiet ist diese Gesellschaft nur am Grauertsbach auf tiefgründigen ostexponierten feuchten Böden, auf einer Fläche von 24.200m² als kompakte Einheit, vorhanden. Eine der dominanten Arten des Bestandes ist die Haselnuss (*Cordylus avelana*). Diese Fläche unterlag wohl in der Vergangenheit einer Niederwaldbewirtschaftung. Dabei dürfte nur der Kernbereich vor das Jahr

1945 zu datieren sein (s. Abb. 14). Da in den übrigen Flächen Kirschbaumrelikte zu finden sind wurde die Fläche in Teilen, vor allem in den Ostexponierten Bereichen, obstbaulich genutzt. Die sich zum Zeitpunkt der Kartierung darstellende Waldformation bildete ein geschlossenes Kronendach aus und bedingte hierdurch eine starke Beschattung. Folglich war auch die Krautschicht kaum ausgeprägt. Sowohl die Beschattung als auch die fehlende Krautschicht kommt den Habitatpräferenzen der Westlichen Smaragdeidechse nur gering entgegen.

Gebüsche und Hecken

Felsenbirnen Gebüsch (*Cotoneastro-Amelanchieretum*)

Das *Cotoneastro-Amelanchieretum* ist ein meist kleinflächiges Gebüsch, welches vorzugsweise auf sonnenexponierten Felsköpfen und -rippen vorkommt. Diese xerotherme Reliktgesellschaft kommt auf primär waldfreien Standorten als natürliche Dauergesellschaft vor. Nach OBERDORFER (1993) ist das *Cotoneastro-Amelanchieretum* aufgrund der standörtlichen Isolierung als ein Relikt der Späteiszeit bzw. der frühen Nacheiszeit anzusehen. Aufgrund dieser extremen Standortbedingungen kommen hier nur wenige weitere Arten vor, was zur Folge hat, dass die Standorte sehr offen gestaltet sind und stellenweise vegetationsfrei bleiben. In enger Verzahnung treten auch Gesellschaften der xerothermen Felsstandorte auf (z.B. *Artemisio-Melicetum ciliatae*). Im Untersuchungsgebiet tritt diese Gesellschaft nur auf zwei kleinen Flächen auf (<25m²). Weiter westlich im Bopparder Hamm ist diese Gesellschaft in wesentlich größeren Flächen anzutreffen. Durch den offen sonnendurchfluteten Charakter dieser Gesellschaft, der der Westlichen Smaragdeidechse nur geringe Deckung bietet, kommt diese Gesellschaft der Art nur bedingt entgegen (s. Kap. 4).

Brombeeren Gebüsch (*Rubus fruticosus* agg.)

Aufgrund der Tatsache, dass die über 100 Rubusarten äußerst schwierig systematisch zuzuordnen sind erfolgt hier eine Zusammenfassung als *Rubus fruticosus* agg.. Diese dominierende Art ist gekennzeichnet durch eine schnelle und flächendeckende Ausbreitung, so dass oft große Parzellen von dieser Gesellschaft eingenommen werden. Diese Gesellschaft ist sehr weit verbreitet im Untersuchungsgebiet und markiert oft eine ehemalige weinbauliche Nutzung. Gerade die intensive Düngung der Weinberge hat dazu beigetragen, dass diese oft ohne weiteren Übergang in das Rubus Stadium übergehen (BECK et al. 2000). Dieses Stadium kann dann lange große Flächen dominieren. Hierzu trägt auch die vegetative Vermehrung bei. Von Bedeutung ist auch die starke Beschattung durch die Bestände und ein gemäßigtes Mikroklima. Dadurch leitet sie in die *Prunus mahaleb-Cornus sanguinea* Gesellschaft über (SCHMITT 1989). Für die Westliche Smaragdeidechse stellen insbesondere die Randbereiche nutzbare Strukturen dar. Insgesamt konnte 27 Flächen kartiert werden mit einer Gesamtflächengröße von 24.300m².

Gesellschaft der Felsenkirsche und des Roten Hartriegels (*Prunus mahaleb*-*Cornus sanguinea*)

In der Verzahnung mit südexponierten Felsflächen hat diese Gesellschaft eine parallele Beziehung zum Felskirschen Gebüsch (*Prunetum mahaleb*) vom dem sie im Untersuchungsgebiet nur schwer zu differenzieren ist und deswegen zusammenfassend mit der oben angeführten Bezeichnung angesprochen werden soll. Diese Gesellschaft ist eigentlich eine fortgeschrittene Übergangsform der Weinbergbrachen. Da jedoch im Untersuchungsgebiet bis in die jüngere Vergangenheit der Obstbau die Flächen dominierte, liegt die Erklärung für das dominante und gehäufte Auftreten in der Tatsache, dass viele Flächen bis in die 20er Jahre des 20. Jahrhunderts weinbaulich bewirtschaftet wurden und erst sukzessiv in Obstbauflächen umgewandelt wurden. Vor allem in solchen sekundär obstbaulich genutzten Flächen tritt diese Gesellschaft gehäuft auf. Die Beschattung ist weniger stark ausgeprägt als bei der *Rubus fruticosus* agg.-Gesellschaft, was dazu führt, dass hier ein viel stärkerer Unterwuchs entwickelt ist und damit diese Gesellschaft gewisse Habitateigenschaften für die Westliche Smaragdeidechse bietet. Insgesamt wurden 11 Flächen dieser Gesellschaft kartiert. Dabei nimmt sie eine Gesamtfläche von 30.900m² ein.

Schlehen–Weißdorn Gebüsch (*Pruno-Crategetum*)

Diese relativ kurzlebige Gesellschaft, die nicht ausgesprochen wärmegebunden ist, tritt vor allem an Hangkanten mit tiefgründigen Böden auf. Dies ist auch im Untersuchungsgebiet vereinzelt der Fall. Dabei konnten fast immer große zusammenhängende Bestände dieser Gesellschaft kartiert werden. Ein wichtiges Kennzeichen ist auch die starke Beschattung, die ähnlich der *Rubus fruticosus* agg. kaum Krautschicht zulässt, was zusammengefasst der Westlichen Smaragdeidechse nicht entgegen kommt. Im Untersuchungsgebiet konnten 12 Flächen mit einer Gesamtgröße von 7.200m² erfasst werden.

Besenginster Gebüsch (*Sarothamnetum*)

Das Besenginstergebüsch stellt eine Pioniergesellschaft dar (OBERDORFER 1978). Sie siedelt als Ersatzgesellschaft bodensaurer Eichen- und Buchenwälder meistens in den tiefgründigeren Hanglagen der oberen Hangbereiche. Typisch ist auch, dass in unmittelbarer Nachbarschaft Schlehen–Weißdorn Gebüsch (*Pruno-Crategetum*) auftreten. Im Gegensatz zu dieser Gesellschaft besitzt das Besenginstergebüsch keine so dichte Bodendeckung. Dies hat zur Folge, dass sich Arten der Trocken- oder Halbtrockenrasen finden lassen. Auch Arten basenreicher Standorte (z.B. *Brachypodium pinatum*) finden sich hier, was typisch für viele Standorte der Region ist. Dies ist vor allem auf die Klimagunst des Mittelrheintals zurückzuführen, welche den bestimmenden Faktor des Nährstoffangebots in den Hintergrund drängt. Dichter Bodenwuchs und geringe Beschattung sind hier wichtige kennzeichnende Faktoren für die Habitatansprüche der Westlichen Smaragdeidechse. Im

Untersuchungsgebiet konnten drei Flächen dieser Gesellschaft kartiert werden, deren Auftreten weitgehend dem anderer Standorte am Mittelrhein entspricht (1.100m², 100m² & 100m²).

Mischformen mit Übergängen zu Waldstadien

Aufgrund der ehemaligen Nutzung des Gebietes für den Kirschenanbau sind viele Flächen mit Gebüsch aus verwilderten Kirschbäumen bzw. Kirschbaumflächen entstanden. Dies stellt eine gebietsspezifische Besonderheit der Rheinschleife bei Boppard dar, da der Fröhkirschenanbau rechts- und linksrheinisch weit verbreitet war. Insgesamt konnten 33 Flächen mit einer Gesamtflächengröße von 43.000m² erfasst werden. Damit ist dies die am häufigsten vertretene Gebüschgesellschaft im Untersuchungsgebiet. Leitart ist *Prunus avium*, häufig vergesellschaftet mit *Clematis vitalba*, *Cornus sanguinea* & *Rosa canina*. Das Stadium ist meist instabil und leitet meist in Waldstadien über, die je nach Standort zu Traubeneichenmischwäldern oder Felsenahorn-Traubeneichenmischwald als Endstadien führen.

Grünlandgesellschaften

Die Pflanzengesellschaften des Grünlandes können größtenteils nicht in Reinformen im Untersuchungsgebiet angesprochen werden. Zum Teil existieren erhebliche Übergänge zwischen den Gesellschaften, die auch gegensätzliche Zeigerarten, wie z.B. Zeiger saurer und basenreicher Standorte, in sich vereinen, was auf die Klimagunst zurückzuführen ist (Schmitt 1991). Deswegen können die hier in diesem Abschnitt aufgeführten Gesellschaften mit Ausnahme der Salbei-Glatthaferwiesen nicht flächenscharf dargelegt werden. Dennoch sollen sie nachfolgend beschrieben werden, um die Heterogenität und den Aufbau des Gebietes in Bezug auf die Grünlandformen wiederzugeben. Strukturelle Gemeinsamkeit dieser Gesellschaften ist ihre geringe Beschattung und ihr ganzjähriger dichter Bodenbewuchs. Die einzige Ausnahme stellen hierbei die Salbei-Glatthaferwiesen dar.

Salbei-Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretum salvietosum*)

Dies sind großflächige Wiesen des Wirtschaftsgrünlandes, die den Übergangsbereich zwischen dem Steilhang und der ersten Hauptterrasse bilden. Im Untersuchungsgebiet liegt ein großer klar ansprechbarer Bestand (13.200m²) auf einer Unterstufe der ersten Hauptterrasse, dass einer einschürigen Mahd im Mai unterliegt. Es wird nicht gedüngt. In unregelmäßigen Abständen wird die Fläche extensiv mit Rindern beweidet. Die Wiese erreicht damit zu keinem Zeitpunkt im Jahr Vegetationshöhen, die die Höhe von Sandginster überschreiten (30-40cm). Die damit verbundenen geringen Ertragsmengen stellen ein Charakteristikum dieses Vegetationstyps dar, der stellenweise soziologisch zu den Halbtrockenrasen vermittelt.

Magere und ruderales Glatthafer-Gesellschaften

Ausgangspunkt dieser z.T. großflächigen Gesellschaft stellen Wiesengesellschaften mittlerer Standorte dar, die einer Mahdnutzung unterlegen waren und heute nicht mehr genutzt werden. Es werden zwei Typen differenziert. Eine Ausbildung mit Magerkeitszeigern (z.B. *Gallium verum*, *Genistella sagittalis*) und der mit ruderalen Arten (z.B. *Tanacetum vulgare*, *Cirsium arvense*). Diese Gesellschaften sind im Untersuchungsgebiet weit verbreitet. Dies liegt zum Teil an den Pflegemaßnahmen im Gebiet, bei denen die Flächen extensiv im zweijährigen Rhythmus gemäht werden. Es herrscht die ruderales Ausbildung vor. Dennoch konnten trotz des ruderalen Charakters Magerkeitszeiger wie z.B. *Orchis militaris* nachgewiesen werden. Im Untersuchungsgebiet konnten 13 Flächen auf einer Gesamtfläche von 33.200m² erfasst werden.

Trespen Halbtrockenrasen (*Mesobrometum erecti*)

Vor allem auf Mauerkronen, im Randbereich von Felsarealen und Sandginster & Flügelginster Trockenrasen kann diese Gesellschaft im Untersuchungsgebiet angesprochen werden. Im Gegensatz zu anderen Gebieten (Dörscheider Heide, Koppelstein) erreicht diese Gesellschaft hier nirgends eine flächige Ausdehnung und bleibt auf schmale Bänder in den Randbereichen der o.g. Gesellschaften beschränkt. Aufgrund dieser linearen Ausprägung ist eine Flächenermittlung dieser Gesellschaft nicht möglich.

Glatthafer Dürrwurz Gesellschaft (*Arrhenathero-Inuletum*)

Diese Gesellschaft ist eine typische Gesellschaft des Grasstadiums steinschuttreicher Weinbergsbrachen im Rheinischen Schiefergebirge (SCHMITT 1991). Aufgrund der starken Düngung und des hohen Nährstoffgehalts frisch aufgegebenen Weinberge ist diese Gesellschaft nur vereinzelt im Untersuchungsgebiet anzutreffen. Hier sind die zwischen 1985 und 1995 aufgegebenen Weinberge sehr schnell in die *Rubus fruticosus agg.* Gesellschaft übergegangen, was der allgemeinen Entwicklung jüngerer Weinbergsbrachen am Mittelrhein entspricht (BECK et al. 2000). Diese Gesellschaft ist im Mittelrheintal eine typische Folgegesellschaft des frisch aufgegebenen Weinbaus. Dort wo sie vorhanden ist, stellt sie ein langlebiges Stadium dar, z.T. konnten Flächen dieser Gesellschaft kartiert werden die über 30 Jahre stabil waren (HARD 1980). Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets konnten punktuelle Vorkommen der Gesellschaft kartiert werden. In ihrer Struktur ist diese Gesellschaft gering beschattet, teilweise mit dichtem Unterwuchs und teilweise mit lichtem Unterwuchs und damit sehr heterogen gestaltet.

Saumgesellschaften Trockener Standorte

Diptam-Gesellschaft

Nur an einer einzigen Stelle, in einer Felsrippe am westlichen Rand des Untersuchungsgebietes, konnte die Leitart dieser Gesellschaft kartiert werden. Dies ist auch

der einzige Fundort im Bopparder Hamm. Die Diptam Gesellschaft ist eine Saumgesellschaft, die am Mittelrhein ihre nordwestlichste Ausdehnung in Mitteleuropa erreicht und in der Regel Säume im Bereich xerothermer Waldgesellschaften bilden. Dies ist jedoch keine zwingende Voraussetzung. Im Gegensatz zur postulierten basiphilen Präferenz der Gesellschaft werden am Mittelrhein aufgrund der Klimagunst auch sauer Schiefer-Standorte bewachsen. Dies ist auch im Untersuchungsgebiet der Fall. Die Ursache hierfür ist in der Klimagunst des Mittelrheintals zu suchen, welches den Nährstofffaktor in den Hintergrund drängt.

Salbeigamander-Weißwurz Gesellschaft (*Teucro-Polygonatum odorati*)

Diese azidokline und thermophile Saumgesellschaft ist am Oberen Mittelrhein in schwachgeneigten Hanglagen im Übergangsbereich von bodensauren Trockeneichen Wäldern zu Trocken- und Halbtrockenrasen zu finden. Steile Felslagen werden nicht besiedelt. Nur am östlichen Rand des Untersuchungsgebietes am südwestexponierten Hang des Grauertsbachs können Arten dieser Gesellschaft im Randbereich zu dem großen Traubeneichenwaldbereich angesprochen werden. Dies entspricht der beschriebenen Lage dieser Gesellschaft. Strukturell entspricht diese Gesellschaft den oben beschriebenen dominierenden Offenlandgesellschaften.

Hirschwurz Gesellschaft (*Geranio-Peucedanetum cervariae*)

Diese Saumgesellschaft bzw. einige der sie prägenden Arten, die nach SCHMITT (1991) nur vereinzelt am Mittelrhein auftritt, konnte im Untersuchungsgebiet in größeren Beständen kartiert werden. Entlang der Wege in den Unterhangbereichen und bis in den Mittelhang des Ellingsweges konnten die Arten dieser Gesellschaft angesprochen werden. Hier finden sich die Begleitarten wie Salbei-Gamander (*Teucrium chamaedrys*) und *Geranium sanguineum*. Vor allem in Bereichen mit guter Nährstoffversorgung und in der Nähe von thermophilen Waldgesellschaften kann diese Formation angesprochen werden. Dies ist vor allem im Taleinschnitt des Grauertsbachtals der Fall. Hier bilden sie wegbegleitende Bänder dichter, krautiger Vegetation.

Zwergstrauchheiden

Sandginster Gesellschaft (*Genistro pilosae-Callunetum*)

Diese Pflanzengesellschaft ist im Untersuchungsgebiet nur selten vertreten. Sie bleibt hier auf zwei Flächen im Untersuchungsgebiet beschränkt, die im Oberhangbereich liegen und auf flache, saure und nährstoffarme Standorte begrenzt sind. Die maximale Wuchshöhe von 30cm ist auch ein Kennzeichen dieser Vegetationsgesellschaft. Sie nehmen hier nur eine geringe Arealfläche von insgesamt (1.000m²) ein, was typisch für diese Gesellschaft am Mittelrhein ist. Deutlich erkennbar ist in den Randbereichen eine zunehmende Versaumung. Diese ist vor allem an Arten der *Teucro-Polygonatumetum* Gesellschaft zu erkennen.

Zwergstrauchheiden weisen eine starke Sonnenexposition auf und einen geringen Bodendeckungsgrad des Bewuchses auf. Dies ist vor allem auf die geringe Wuchshöhe der Vegetation zurückzuführen.

Xerotherme Felsgesellschaften

Gesellschaft des Nordischen Strichfarns (*Asplenium septentrionalis*)

In natürlichen Felsspalten und –klüften südexponierter Schieferfelsen ist diese Gesellschaft charakteristisch. Als Kennart kann der Nordische Strichfarn angesprochen werden. Hier finden sich jedoch in den Felsspalten weitere Arten wie der Braunstielige Strichfarn (*Asplenium trichomanes*) und der Schriftfarn (*Ceretach officinarum*). Im Untersuchungsgebiet konnte diese xerotherme Felsgesellschaft an vier Standorten nachgewiesen werden.

Beifuß-Wimpernperlgrasrasen (*Artemisio-Melicetum ciliatae*)

Im Untersuchungsgebiet konnte diese Gesellschaft an neun Standorten kartiert werden. Jeweils immer nur kleine Flächen (<25m²) werden von den Charakterarten dieser Gesellschaft markiert, die allerdings sehr stabil sind und während des gesamten Untersuchungszeitraums existierten. Dies obwohl sie, bis auf eine Ausnahme, alle an landwirtschaftlich frequentierten Wegen zu finden war. Sie kennzeichnen auch Standorte, die durch eine geringe Wasserkapazität, eine schwach entwickelte Bodendecke und eine hohe Insolation nur die Entwicklung von Arten mit hohem Adaptionsvermögen zulässt. Die Standorte sind zudem sehr licht im Bewuchs.

Aufgrund des Fehlens von Steinschutthalden und Schuttfuren im Untersuchungsgebiet (vergl. Kap. 3.2) konnten keine Nachweise der Schildampfer Gesellschaft (*Rumicetum scutani*) und Schwalbenwurz Gesellschaft (*Vincetoxitum hirudinaria*) erbracht werden, obwohl sie in den zentralen steileren Teilen des Bopparder Hamms nachgewiesen werden können.

Sonstige Gesellschaften

Robinienbestände

Vor allem entlang der Bahn und am Rand des Oberhangs befinden sich Bestände (Acht Flächen mit insgesamt 1.500m²). Von diesen Beständen ist der einzige am Oberhang (400m²) auffällig, weil die Robinien eine xerotherme Felsfläche teilweise überwuchert haben. Hier scheint ein Bestand des Felsenahorn-Traubeneichenmischwalds verdrängt worden zu sein. Nur ein kleiner Bestand konnte im Mittelhang im unteren Bereich des Ellingsweges kartiert werden (300m²). Alle kartierten Bestände zeigten expansive Tendenzen. Die Bestände sind z.T. sehr dicht und weisen eine gering entwickelte Krautschicht auf, die in der Struktur Ähnlichkeiten mit dem Hainsimsen-(Habichtskraut)-Traubeneichen Wald aufweist.

Pappelbestände

Am östlichen Rand des Untersuchungsgebietes steht ein Bestand, der nach 1945 entstanden sein muss (s. Abb. 14). Dieser hat sich am Rand des östlich angrenzenden Hainsimsen-(Habichtskraut)-Traubeneichen Wald entwickelt und war deutlich expansiv. Strukturell ist der Bestand dem Hainsimsen-(Habichtskraut)-Traubeneichen Wald sehr ähnlich.

Weihnachtsbaumkulturen

Zum Kartierungszeitpunkt wurden sieben Flächen im Untersuchungsgebiet als Weihnachtsbaumkulturen bzw. Aufforstungen genutzt. Zwei große Flächen wurden in der Unterstufe der Hauptterrasse angelegt (6.300m² und 2.000m²). Alle weiteren Flächen lagen deutlich unter 1.000m². Insgesamt waren 9.900m² mit diesen standortfremden stark beschattenden Gehölzen bestanden. Gerade in den xerothermen Steilhängen finden sich kaum geeignete Standorteigenschaften für diese Kulturen. Deswegen sind die meisten Kulturen von Schädlingen befallen (Borkenkäfer). Strukturell sind die Eigenschaften dieser Kulturen mit denen des Schlehen–Weißdorn Gebüschs ähnlich.

Agrarische Nutzungsformen

Acker

Ackerflächen tangieren das Untersuchungsgebiet nur randlich und spielten bei den Untersuchungen keine Rolle.

Weinbau

Der Weinbau spielte zwischen 1996 und 2000 nur eine untergeordnete Rolle im Untersuchungsgebiet. Der Schwerpunkt der Weinbauflächen lag im Westen des Gebietes, wo eine große zusammenhängende Fläche (7.300m² Weingut M. Müller) das Areal einnimmt. Die Orientierung der Flächen nach Westen ist auf die zentral bewirtschafteten Flächen im Bopparder Hamm zurückzuführen. Daneben lagen noch vier weitere kleine Flächen im Gebiet (1.400, 600, 400 & 400m²). Strukturell entsprechen diese Flächen offenen deckungslosen Flächen wie z.B. Äckern oder Felsen, da traditionell am Mittelrhein keine Unterbegrünung betrieben wird.

Obstbau

Der Obstbau war in der Vergangenheit dominant im Gebiet. Die meisten Streuobstflächen sind jedoch überwuchert worden. Nur noch wenige Bestände sind noch als solche anzusprechen. Typisch sind hier auch Glatthaferwiesen, die aufgrund der geringen Mahdfrequenzen stark versäumt sind. Diese Form der Nutzung existierte nur im Oberhang, dort wo tiefgründige Lagen eine Sekundärnutzung zuließen. Im Steilhangbereich wurde der

Bodenbereich weitgehend vegetationsfrei gehalten, da sich hier auf den Schuttböden ohnehin keine geschlossenen Vegetationsdecken ausbilden.

Gärten

Die einzige Gartenfläche befindet sich am Hangfuß des Ellingsweges und hat eine Größe von 5.600m².

Agrarhistorische Entwicklung

Alle Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse in Deutschland aber auch in weiten Teilen Südwesteuropas liegen in anthropogen stark überformten Bereichen. Freilanduntersuchungen und auch Schutzkonzepte überblickten in der Vergangenheit immer nur Entwicklungen der Jahrzehnte nach dem 2. Weltkrieg (GRUSCHWITZ et al. 1984; SCHAUSTEN et al. 1993). Hieraus wurden Schlussfolgerungen zur Ökologie und zum Schutz der Art gezogen. Diese Untersuchungen erfolgten in Kulturlandschaften was dazu führte, dass nie die natürlichen Bedingungen begutachtet wurde und damit die Eingriffszustände als quasi natürliche Zustände betrachtet wurden. Eine Betrachtung der historischen landschaftlichen Entwicklung ist daher notwendig, um die ökologischen Eigenheiten und Präferenzen heutiger Populationen einzuschätzen. Da die Art im Mittelrheintal mindestens seit 2000 Jahren in ihren Habitaten auf anthropogene Einflüsse trifft können durch die Rekonstruktion der landschaftlichen Entwicklung Rückschlüsse auf die Dynamik und Flexibilität der Art gezogen werden. Dadurch können auch Freilanduntersuchungen der Raumnutzung und der Anpassungsfähigkeit der Art in einem größeren zeitlichen Kontext betrachtet und somit realistischer bewertet werden.

Da die Nutzung des Gebietes bis zum 19. Jahrhundert nur lückenhaft belegt ist, beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen auch auf Belege aus dem übrigen Mittelrheingebiet. Diese sind in starkem Maße auf das Untersuchungsgebiet übertragbar, da die Entwicklungsprozesse in der Vergangenheit am Mittelrhein sehr einheitlich verliefen, jedoch nur punktuell dokumentiert wurden (VOLK 1998). Die agrarische Nutzung der Steillagen und der Hangschultern ist am Mittelrhein seit mindestens 3000 Jahren anzunehmen. Dabei beschränkte sie sich zunächst auf die Nutzung vorhandener Ressourcen, wie z.B. der Wälder als Brennholzquellen. Zudem war die Nutzung diskontinuierlich, d.h. Phasen der Nutzung folgten lange Phasen, in denen keine Nutzung stattfand. Erst mit der Eingliederung des Mittelrheins in das Römische Reich erfolgte eine systematische Landnahme (BAUMGARTEN 1951). Es ist gesichert, dass die Römer die Plateauflächen der vorderen Rheinterrasse (Abb. 3) zum Ackerbau nutzten. Außerdem herrschte eine gute Infrastruktur, so dass Entwicklungs- und Nutzungsstadien erreicht wurden, die erst wieder im hohen Mittelalter vergleichbare Zustände boten (v. BERG 1998). Die Römer brachten mit Sicherheit

den Weinbau an den Mittelrhein, dies bedeutet jedoch nicht, dass sie die Nutzung der Steillagen begannen. Dafür gibt es am Mittelrhein, im Gegensatz zur Mosel, keinen Nachweis (GILLES 1999). Die Nutzung des Ellingswegs ist seit der Spätantike belegt, was zumindest einen indirekten anthropogenen Einfluss seit 1600 Jahren im Untersuchungsgebiet dokumentiert. Teile des Ellingsweges wurden auf das 4. Jahrhundert nach Chr. datiert (unpubl. Befund von Dr. A. von Berg 2002/ Archäologische Denkmalpflege, Koblenz). Der Weg wurde wohl als Verbindungsweg zwischen den nachgewiesenen Villae Rusticae und den im heutigen Spay vorhandenen Rheinquerungen genutzt. Der Ellingsweg stellt damit den einzigen indirekten Beleg einer antiken Nutzung einer mittlrheinischen Weinbergslage dar. Dass die Steillagen als Hauberge genutzt wurden, ist sehr wahrscheinlich, denn es wurde eine intensive Brennholznutzung und Gerberei betrieben. Nach dem Abzug der Römer brachen die agrarischen Strukturen zusammen und wurden über Jahrhunderte nicht wieder aufgebaut (BAUMGARTEN 1951). Wie die Steilhänge bis ins Jahr 1000 n. Chr. genutzt wurden, ist nicht genau bekannt, aber der Weinbau konnte in der romanisch geprägten Bevölkerung des Mittelrheins überleben (BAUMGARTEN 1951). Außerdem wurden auch die Steilhänge in den Unter- und Mittelhängen teilweise Weinbaulich genutzt, wie zum Beispiel die erste Beurkundung eines Weinbergs 643 n. Chr. in Boppard belegt (GILLES 1999). Im Lebensraum der Westlichen Smaragdeidechse dürften bis zu diesem Zeitpunkt nur punktuelle temporäre Veränderungen stattgefunden haben. Mit dem Ende der Spätantike ist sogar von einer langandauernden Rückentwicklung zur natürlichen Vegetation auszugehen.

Ab dem 11. Jahrhundert setzte ein Umbruch in der Entwicklung des Mittelrheins ein. Zu diesem Zeitpunkt wurden die bis heute wertvollsten und ertragreichsten Lagen des Mittelrheins und der Seitentäler, die bis heute in der Nutzung stehen, für den Weinbau erschlossen. Der Weinbau wurde im Hohen und Späten Mittelalter zur alles dominierenden Wirtschaftsform des Mittelrheins. Die Anbaufläche wurde bis tief in die Seitentäler ausgeweitet und sogar auf minderwertigen Lagen betrieben. Eine Nutzung der Flächen am Ellingsweg für den Weinbau lässt sich erst seit dem 13. Jahrhundert belegen (1302: UB Eberbach 2, Nr. 600 "*Lutzingireldich*"; VOLK 1998). Dabei ist die kontinuierliche Nutzung bis heute anzunehmen, wobei jedoch Schwankungen aufgetreten sind. Nebenbei spielte der Obstbau eine Rolle, aber bei weitem keine so große, wie er sie bis in die heutige Zeit noch spielte. Es wurden in erster Linie Birnbäume kultiviert, gefolgt von Apfel- und Walnussbäumen. Zum Teil waren sie die unmittelbare Folgenutzung des Weinbaus. Der Obstbau war im Mittelalter zumeist nur in Kleingärten, Randlagen oder Allmendeflächen zu finden, da der Weinbau lukrativer war (BAUMGARTEN 1951, VOLK 1998). Da die Exposition östlich des Ellingswegs von Süd nach Südost und schließlich nach Nordost wechselt ist anzunehmen, dass diese Flächen immer wieder vom Obstbau dominiert wurden, vor allem in

den regressiven Phasen des Weinbaus. Dies vor allem unter dem Aspekt von Bedeutung, das diese als Rückzugsflächen für die art gedient haben könnten.

Als weitere Nutzungsform ist die Kultivierung von Kopfweiden bzw. sogenannten Weikerten dokumentiert. Die xerothermen Steillagen blieben jedoch von dieser Nutzungsform weitgehend unberührt (VOLK 1998). Im Bereich des Ellingswegs dürfte diese Nutzungsform nur am Grauertsbach, dem einzigen Bach in diesem Bereich, eine Rolle gespielt haben. Dadurch könnte diese Struktur mit z.T. höherer Vegetation eine Funktion als Migrationslinie oder als Rückzugshabitat zugekommen sein wie dies in Südeuropa teilweise heute noch der Fall ist (BRUNO 1986).

Die Viehhaltung war zum großen Teil auf den Weinbau zugeschnitten. Da die Düngung der Weinberge ein großes Problem darstellte, und nur mit Mist gelöst werden konnte, wurden Rinder zur Produktion von Mist gehalten und erst sekundär als Zugtiere oder Milchlieferanten (VOLK 1997). Für die einfache Bevölkerung waren Kleintiere (z.B. Ziegen und Schafe) und Geflügel von Bedeutung. Aufgrund der Knappheit an Viehweiden wurden nahezu alle möglichen Flächen als Weide genutzt, wie z.B. Wege und Übergangsflächen (VOLK 1998).

Den größten Anteil an Weiden stellten jedoch die Allmendewälder und deren Rodungen. Diese Nutzung wurde kontrolliert, um Schäden an den Weinbergen und Wäldern zu vermeiden. Diese Wälder dehnten sich im Mittelalter entlang der Hangschultern aus und dienten als Windschutz gegen die kühlen Winde der Plateaulagen (VOLK 1998). Bereits im Späten Mittelalter waren die Allmendewälder übernutzt, insbesondere die Wirkung der Ziegen und Schafe wurde kritisiert und reglementiert. Vielfach existierten diese Wälder im Späten Mittelalter nicht mehr oder waren massiv degeneriert. Außerdem kam es zu diesem Zeitpunkt zu Streitigkeiten um diese Flächen, da sie die einzigen Weideflächen für das Nutzvieh der einfachen Bevölkerung darstellten (VOLK 1998).

Als weitere Veränderung kam im Frühen Mittelalter die Anlage von Mauern auf, um die Erosion zu mindern. Diese aufwendige Maßnahme führte zur Anlage von Steinbrüchen und damit zur Abtragung von Felsflächen. Zum Teil wurde dazu sogar Schiefer aus weit entfernten Gebieten an den Mittelrhein transportiert (ROBINSON 1995).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Mittelalter die Steillagen einer intensiven Nutzung unterzogen wurden. Dabei wurden die Unter-, Mittel-, und Oberhänge vollständig weinbaulich genutzt. Diese Nutzung führte aufgrund des Düngeproblems zu einer immer geringeren Ausbeute der Weinberge. Es kann auch angenommen werden, dass die Hangschultern im Späten Mittelalter entwaldet waren. Für die Westliche Smaragdeidechse dürfte die intensive Nutzung und die vielen vegetationsfreien Flächen nur sehr wenige Habitate geboten haben. Nur die Felsflächen und die Niederwaldflächen im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes dürften genügend vegetationsbestandene Flächen beinhaltet haben, um der Art Lebensraum zu bieten. Der relative Gesamttraum der der Westlichen

Smaragdeidechse als Habitat im späten Mittelalter zur Verfügung gestanden hat dürfte wesentlich kleiner als am Ausgang des 20. Jahrhunderts gewesen sein.

Ab dem 15. Jahrhundert ging der Weinbau aufgrund der Übernutzung und dem Beginn der Bauernkriege zurück. Seine erste große Krise erlebte der Weinbau am Mittelrhein im 30-jährigen Krieg, in dem große Teile der Weinberge verwüstet wurden (BURGARD 1992). Diese Krise hatte am Mittelrhein ein jahrzehntelanges Brachfallen der Weinberge und der zugehörigen Strukturen zur Folge, von denen sich der Weinbau nur sehr langsam erholte. Diese Brachestadien und der Rückgang der Bevölkerung führte zu einer Erholung der Böden und zur teilweisen Wiederbewaldung der Hangschultern (PAULY & HERMANN 1991). Zum Teil ging der Bedeutungsverlust des Tals auch nach dem 30-jährigen Krieg weiter (Abwanderung bzw. Aussterben der Adelsgeschlechter). Die grundsätzlichen Nutzungsformen, der Weinbau, der Obstanbau, der Weikerte und die Viehhaltung, blieben erhalten und erfuhren kaum technische Veränderungen. Einzig der wachsende Bergbau (Schiefer und Erzabbau) führte zu einer Nutzung der Allmendewälder als Niederwälder (BAUMGARTEN 1951). Eine analoge Entwicklung am Ellingsweg ist anzunehmen, jedoch nicht belegt.

Die Entwicklung der Steillagennutzung des Mittelrheins wurde erst wieder Ende des 18. Jahrhunderts mit der Französischen Revolution vorangetrieben. Das Tal wurde zur Grenzregion Frankreichs und es wurden Landreformen durchgeführt und die Infrastruktur ausgebaut (BROMER 1998). Der einsetzende Tourismus aus ganz Europa führte auch zu einem deutlichen Anstieg des Weinanbaus durch die steigende Nachfrage.

Einige einschneidende Entwicklungen führten zu Änderungen in der Steillagennutzung. Zum einen führte die Reblaus seit Ende des letzten Jahrhunderts (ab 1881) zu starken Einbußen im Weinbau (ROBINSON 1995). Dennoch wurde die Weinbergsbewirtschaftung in der Bopparder Rheinschleife bis zum 1. Weltkrieg fast durchgängig betrieben (Abb. 1). Die Wälder wurden weiter als Niederwälder für den Brennholzbedarf, den Bergbau und die Gerberei in 15- 30 jährlichen Rhythmus umgetrieben. Dies ist auch für den Wald am Grauertskopf anzunehmen, da dort Erzstollen existieren. Die von der Reblaus betroffenen Flächen wurden vor allem mit Frühkirschen rekultiviert. Diese Obstnutzung in den Steillagen verdrängte bis 1939 teilweise den Weinbau und wurde in einigen Bereichen sogar dominant (z.B. Kamp und Gemarkung Spay). Dennoch waren bis zum 1. Weltkrieg die Flächen am Ellingsweg vollständig in weinbaulicher Nutzung. Zu diesem Zeitpunkt waren dort keine Bäume vorhanden (pers. Mitt. von CLEMENS WEINGART/Spay). Erst nach 1918 wurden sukzessive die ersten Kirschbäume angelegt. Bis 1924 war dieser Umbruch vollzogen. In diesen Zeitraum ist auch der Zusammenbruch der Niederwaldbewirtschaftung anzusetzen, bedingt durch das Ende des Bergbaus und der Lohgerberei. Durch den Mangel an Arbeitskräften fielen während des 1. und des 2. Weltkrieges viele Flächen brach, wurden jedoch danach wieder in die Bewirtschaftung genommen.

Seit der Jahrhundertwende ist das gerichtete Abbrennen der Weinbergsbrachen angewandt worden (pers. Mitt. Weingut H. MÜLLER/ Spay). Diese Methode der Offenhaltung wurde auch bis in die 60er Jahre angewandt (Brandspuren an alten Obstbäumen am Ellingsweg belegen dies). Daneben kam es immer wieder zu Bränden in den Steilhängen, durch versehentlich von den Dampflokomotiven heruntergefallene glühende Kohlen (BECK et al. 2000).

Erst nach der Eingliederung des Mittelrheintals in das Preußische Hoheitsgebiet und vor allem mit Beginn der Fotodokumentarischen Ablichtung des Mittelrheingebietes lassen sich flächenscharfe Aussagen zur Dynamik der Nutzung des Untersuchungsgebietes machen. Mit dem Ende des 2. Weltkrieges begannen regelmäßige Luftbildbefliegungen des Gebietes, die bis heute durchgeführt werden (Abb. 1-6). Gerade diese standardisierten Luftaufnahmen ermöglichen seitdem eine quantitative Analyse der Veränderungen in der Landnutzung und damit einen detaillierten Einblick in die Veränderungen der Habitate der Westlichen Smaragdeidechse. Der Weinbau der bereits seit Beginn des Jahrhunderts Einbußen verzeichnete, konnte sich in den 50er und 60er Jahren durch den Beginn der Tourismuswelle am Mittelrhein behaupten. Seit Beginn der 60er Jahre wurden in zunehmenden Maße Flurbereinigungen in den Steillagen geplant und durchgeführt. Diese dienten der Vereinfachung und Technisierung der einzig verbliebenen Steillagennutzung und letztendlich deren Erhaltung (pers. Mitt. MEYER, Kulturstadt Mayen). Pestizideinsatz und Motorisierung führten zu einer weiteren Erleichterung der Bewirtschaftung. Die größte Flurbereinigung am Mittelrhein wurde im Bopparder Hamm zwischen 1968 und 1978 durchgeführt. Dabei wurde jedoch das Gebiet des Ellingsweges weitgehend ausgespart. Durch Eigeninitiative von Eigentümern wurden zwei Erschließungswege angelegt, um eine maschinelle Bewirtschaftung des Gebietes zu ermöglichen (Abb. 4).

Es wird deutlich, dass das Gebiet des Ellingsweges vom Obstbau geprägt war. Mit Beginn der 60er Jahre begann der Niedergang der Obstanutzung. Viele Besitzer von kleineren Obstbauflächen stellten zu diesem Zeitpunkt die Bewirtschaftung ein (Abb. 5). Dies führte schlagartig zur Verbrachung großer Teile des Gebietes (pers. Mitt. Von Flächeneigentümern). Die immer größer werdenden Brachen führten letztendlich durch Schädlingsdruck (z.B. Pilzbefall, Vogelfrass und Wildschweine) auch zu einer Aufgabe des Weinbaus der bis Ende der 90er Jahre zu einem Tiefpunkt (Abb. 5) in der Bewirtschaftung des Gebietes führte (pers. Mitt. der Spayer Winzer M. Müller und F. Weingart).

Seit 1993 rückte das Gebiet in das Blickfeld des Naturschutzes bzw. Pflegemaßnahmen der Landespflege. In großem Umfang wurden bis zum Jahr 2000 Flächen entbuscht (Abb. 6). Zentraler Aspekt dieser Maßnahmen war dabei der Schutz der Westlichen Smaragdeidechse, die bereits 1886 von DÜRIGEN (1897) für diesen Bereich dokumentiert wurde, als Konsequenz des Artenschutzprojektes Smaragdeidechse (SCHAUSTEN et al. 1993; BÖKER et al. 1995) Vielfach wurde dabei die ehemalige Nutzung imitiert unter

verstärkter Anlage von Strukturen, die die Art begünstigen (Hecken, Säume bzw. Freistellung von Mauern). Alle freigestellten Flächen werden seitdem alternierend freigehalten. Seit 1998 wurde die Nachpflege mittels Mahd teilweise durch eine Rinderbeweidung ersetzt, um eine langfristige Offenhaltung der Habitate der Art zu gewährleisten (SOUND 2001b).



Abb. 1: Agrarische Nutzung in der Bopparder Rheinschleife 1886; Ansicht des Vorkommens im Rheinhang zwischen Filsen und Kamp, im Hintergrund sind die Bopparder Weinberge bis Peternach (Stromkilometer 575,5) mit flächendeckender Steilhangbewirtschaftung erkennbar



Abb. 2: Agrarstrukturelle Nutzung des Ellingswegs 1945 (Luftbildaufnahme vom 20.03.1945/ US Air Force)



Abb. 3: Agrarstrukturelle Nutzung des Ellingswegs 1964 (Luftbildaufnahme vom 26.03.1964/ Landesamt f. Vermessung, Rheinland-Pfalz)



Abb. 4: Agrarstrukturelle Nutzung 1974 (Luftbildaufnahme vom 07.04.1974/ Landesamt f. Vermessung, Rheinland-Pfalz)

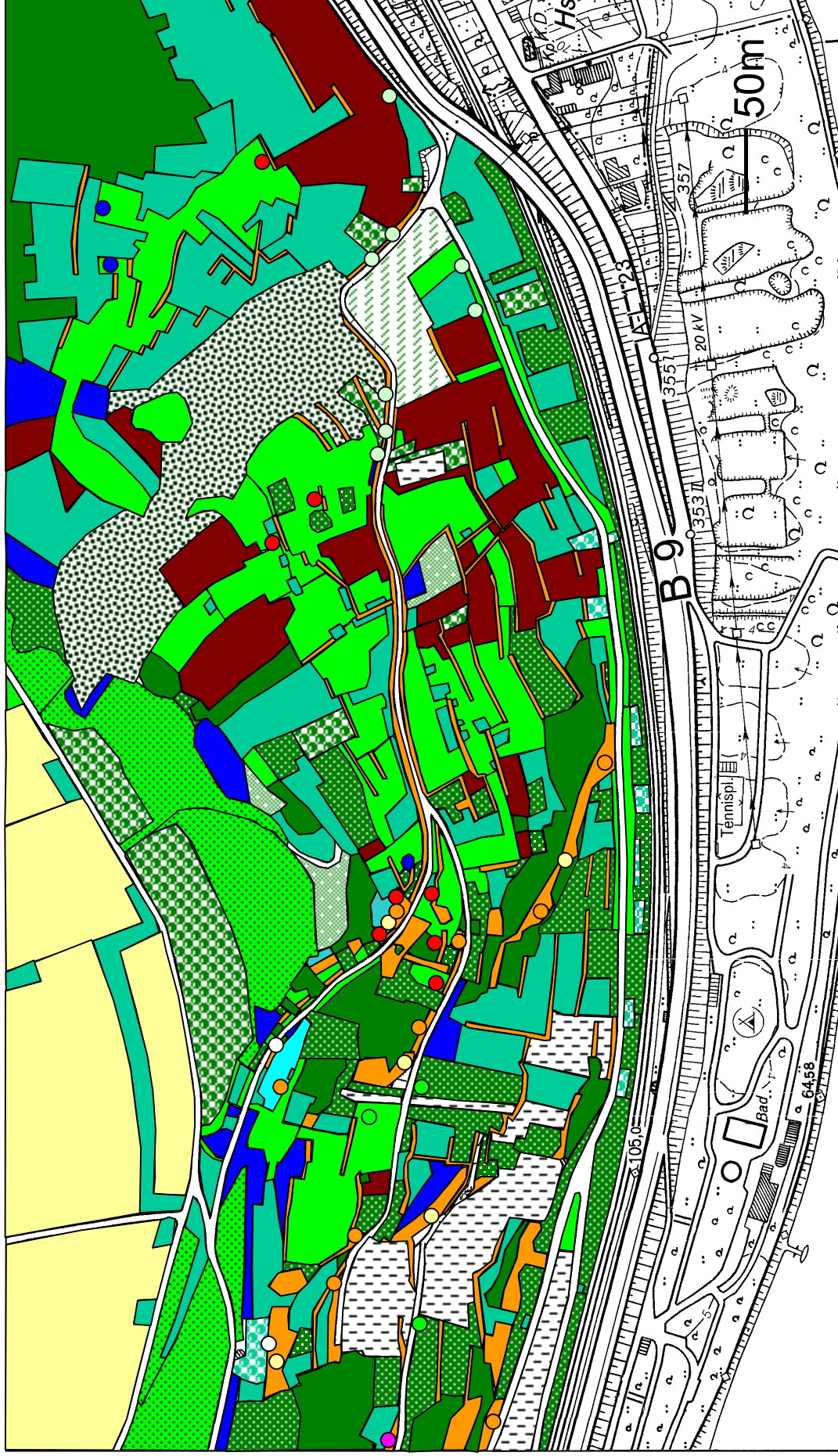


Abb. 5: Agrarstrukturelle Nutzung 1989 (Luftbildaufnahme vom 27.03.1989/ Landesamt f. Vermessung, Rheinland-Pfalz)



Abb. 6: Agrarstrukturelle Nutzung 2000 (Luftbildaufnahme vom 02.08.2000/ Landesamt f. Vermessung, Rheinland-Pfalz)

Abb. 7: Vegetationskartierung des Untersuchungsgebietes und umliegender Flächen auf der Basis der 1: 5000 Karte (Stand 2000)



Legende

Wälder

	Bodensauer Traubeneichen Wald
	Felsenahorn Traubeneichenmischwald
	Hasel-(Hainbuchen-) Niederwald

Gebüsch und Hecken

	Felsenbirnen Gebüsch
	Brombeeren Gebüsch
	Gesellschaft der Felsenkirsche und des Roten Hartriegels
	Schlehen – Weißdorn Gebüsch
	Besenginster Gebüsch
	Mischformen

Xerotherme Felsgesellschaften

	Gesellschaft der Brillenschote und des Nordischen Strichfarns
	Beifuß- Wimperperlgasrasen

Sonstige Gesellschaften

	Robiniestände
	Pappelbestände
	Weihnachtsbaumkulturen

Offenlandgesellschaften

	Salbei-Glatthaferwiesen
	Sandginster Gesellschaft
	Grünlandgesellschaften

Agrarische Nutzungsformen

	Acker
	Weinberge
	Obstbau
	Gärten

Abb. 8: Pflegemaßnahmen für die Westliche Smaragdeiche im Bereich des Ellingswegs zwischen 1993- 2000 (Konzipiert und durchgeführt vom Autor im Auftrag der SGD Nord).

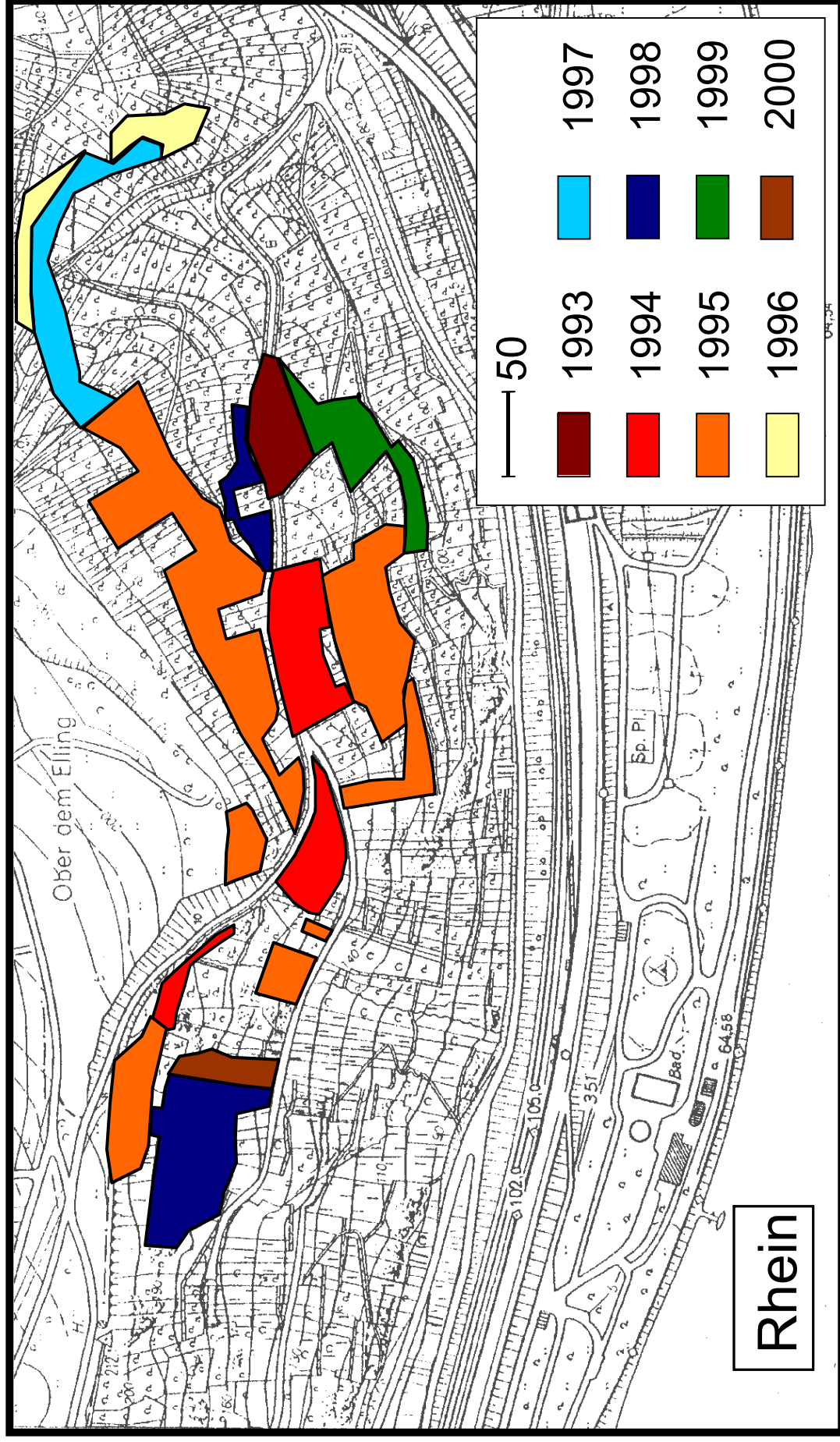


Abb. 9: Insolation des Mittelrheingebietes unter Berücksichtigung der aktuellen und ehemaligen Vorkommen der Westlichen Smaragdeidechse (schwarz umrandete Flächen) (verändert nach A. Zutz)

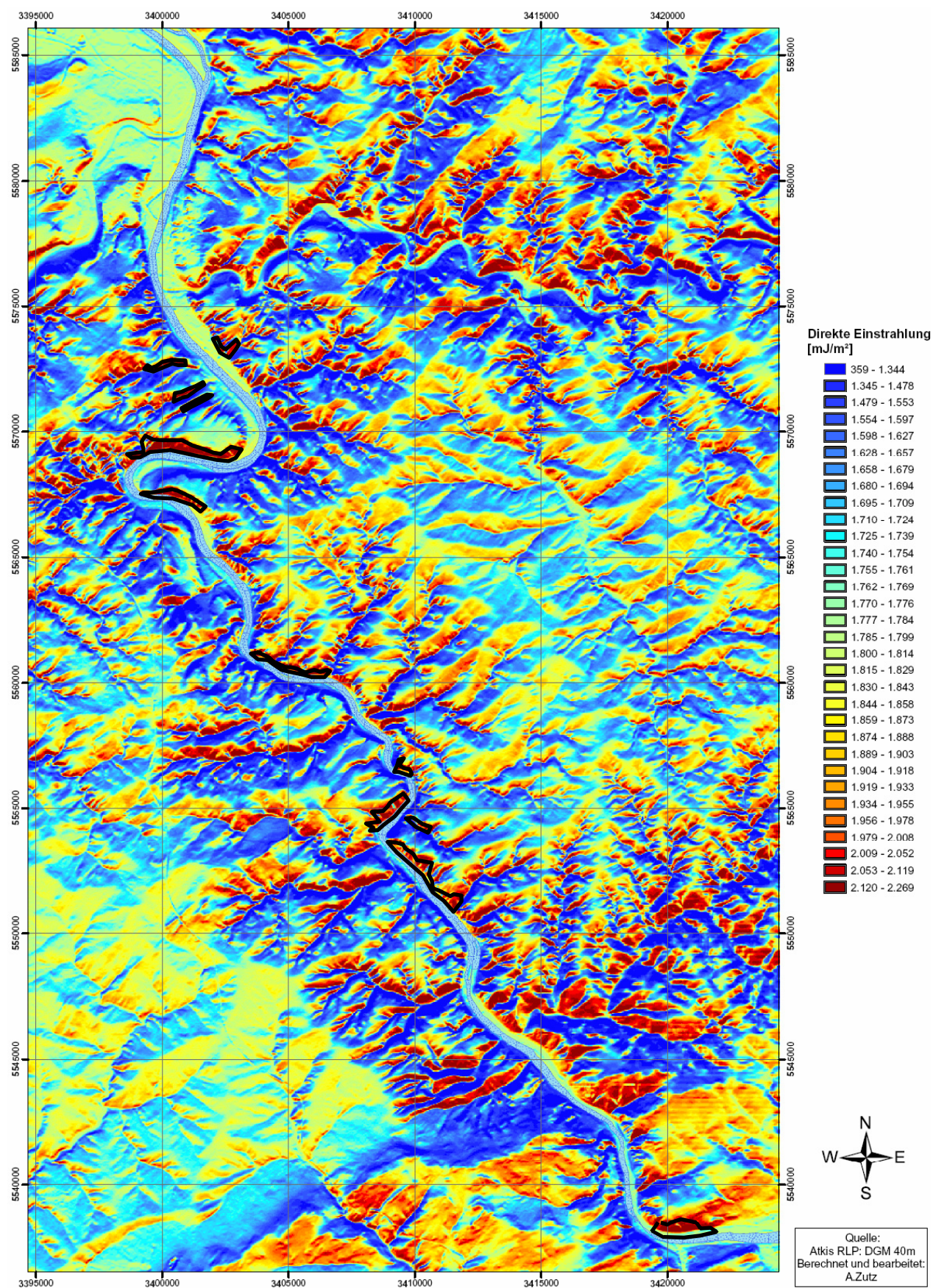


Abb. 10: Entwicklung der Luftfeuchtigkeit zwischen 1978-2000, $\bar{x}$ 69,37%, n= 7924 Tage

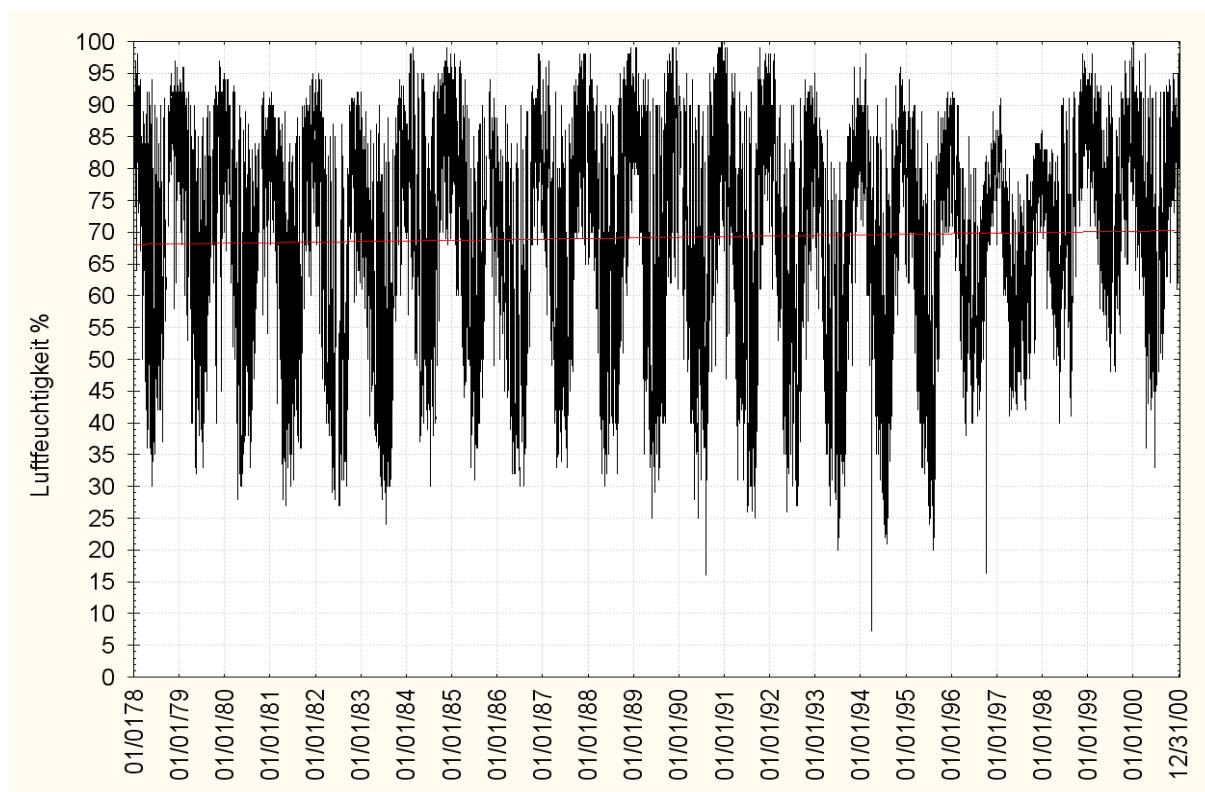


Abb. 11: Entwicklung der Tagesminimaltemperaturen zwischen 1978-2000, $\bar{x}$ 6,25°C, n= 8115Tage

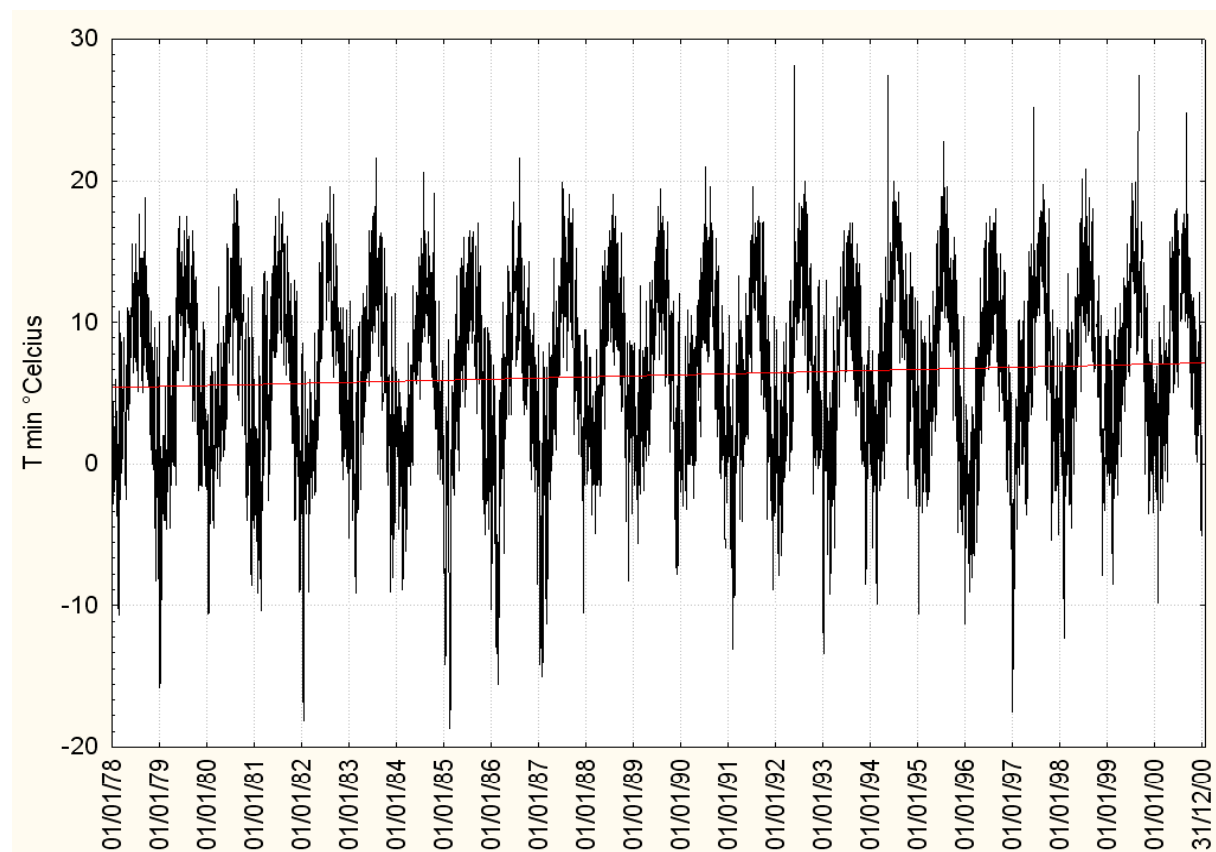


Tabelle 1: Zusammenfassende deskriptive Statistik aller Hibernationsmessreihen

	N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.	Standard Fehler
NR.11 96/97	2043	0,9	0,7	-1,4	8,0	3,7	1,9	0,04
NR.12 96/97	2042	2,5	2,7	-0,1	7,7	3,1	1,7	0,04
T Ø 96/97	2042	1,7	1,7	-0,5	7,7	3,2	1,8	0,04
H% Nr.12 96/97	1112	62,5	61,6	40,6	92,0	65,8	8,1	0,2
Mauer T°C 10cm 96/97	1800	-1,0	-0,1	-13,4	7,3	15,8	3,9	0,1
Mauer T°C 50cm 96/97	1800	-0,2	0,7	-11,8	7,3	14,0	3,7	0,1
Mauer T°C 80cm 96/97	1800	1,4	1,9	-7,7	7,7	9,0	3,0	0,1
Mauer H% 10cm 96/97	1800	88,8	90,1	41,3	105,6	94,9	9,7	0,2
Mauer H% 50cm 96/97	1800	78,5	79,6	43,0	96,1	99,1	9,9	0,2
Mauer H% 80cm 96/97	1800	69,1	69,3	38,2	90,9	138,8	11,7	0,2
LUFT T°C 96/97	2095	-1,6	-1,0	-18,0	16,0	29,2	5,4	0,1
Nr. 21 97/98	1638	6,7	6,9	2,3	11,3	3,7	1,9	0,1
LUFT T°C 97/98	1392	4,3	4,3	-11,8	17,7	21,5	4,6	0,1
NR.5 98/99	2940	6,0	5,8	2,3	12,4	4,9	2,2	0,04
NR.26 98/99	2893	6,1	5,8	2,7	14,9	3,9	1,9	0,03
Sommerloch 1 98/99	2938	4,3	4,4	-1,8	12,0	6,4	2,5	0,1
Sommerloch 2 98/99	2891	8,3	8,4	4,3	13,8	3,2	1,8	0,03
LUFT T°C 98/99	2940	3,3	3,1	-9,2	16,0	18,8	4,3	0,1
NR. 26 99/00	2496	7,1	6,5	2,3	14,5	7,0	2,6	0,1
Sommerloch 1 99/00	2040	4,6	4,6	-1,4	13,5	4,2	2,0	0,1
Sommerloch 2 99/00	2040	3,9	3,9	-6,7	21,6	9,5	3,1	0,1
Gebüsch 99/00	2347	3,5	3,5	-9,2	22,0	14,0	3,7	0,1
Wärmestruktur 99/00	1860	5,3	5,0	-7,7	22,7	15,0	3,8	0,1
Plateautemp. T°C 99/00	1248	3,5	3,9	-5,8	16,0	14,2	3,7	0,1
LUFT T°C 99/00	2347	3,8	3,9	-9,2	17,7	15,	3,8	0,1
Nr. 26 00/01	2398	7,4	8,0	-0,6	16,7	7,6	2,7	0,1
Mauer 00/01	1717	8,4	9,1	-9,2	17,0	11,2	3,3	0,1
Sommerloch 00/01	2348	6,1	6,9	-4,4	14,2	10,2	3,1	0,1
LUFT T°C 00/01	1823	6,4	6,9	-5,3	17,0	12,7	3,5	0,1

Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.11 in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-09.02.97

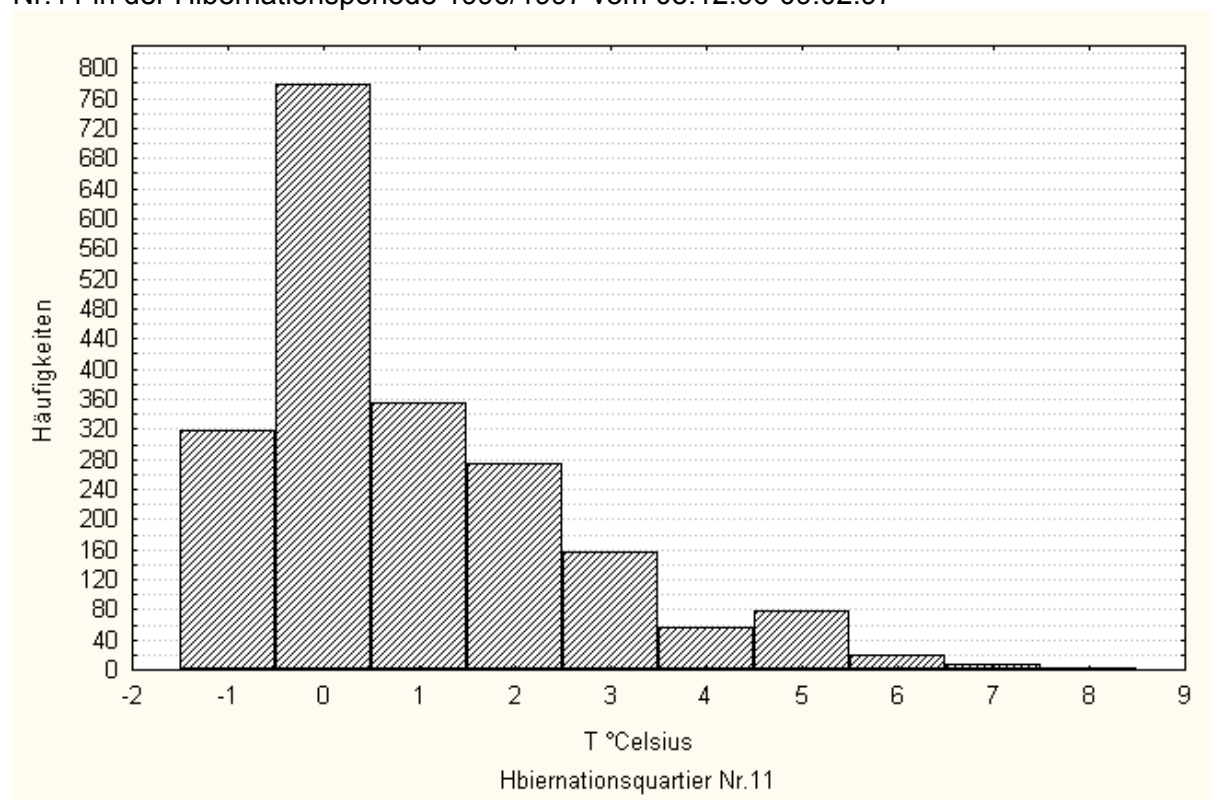


Abb. 13: Temperaturverlauf im Hibernationsquartier von Männchen Nr.11 vom 03.12.96-09.02.97

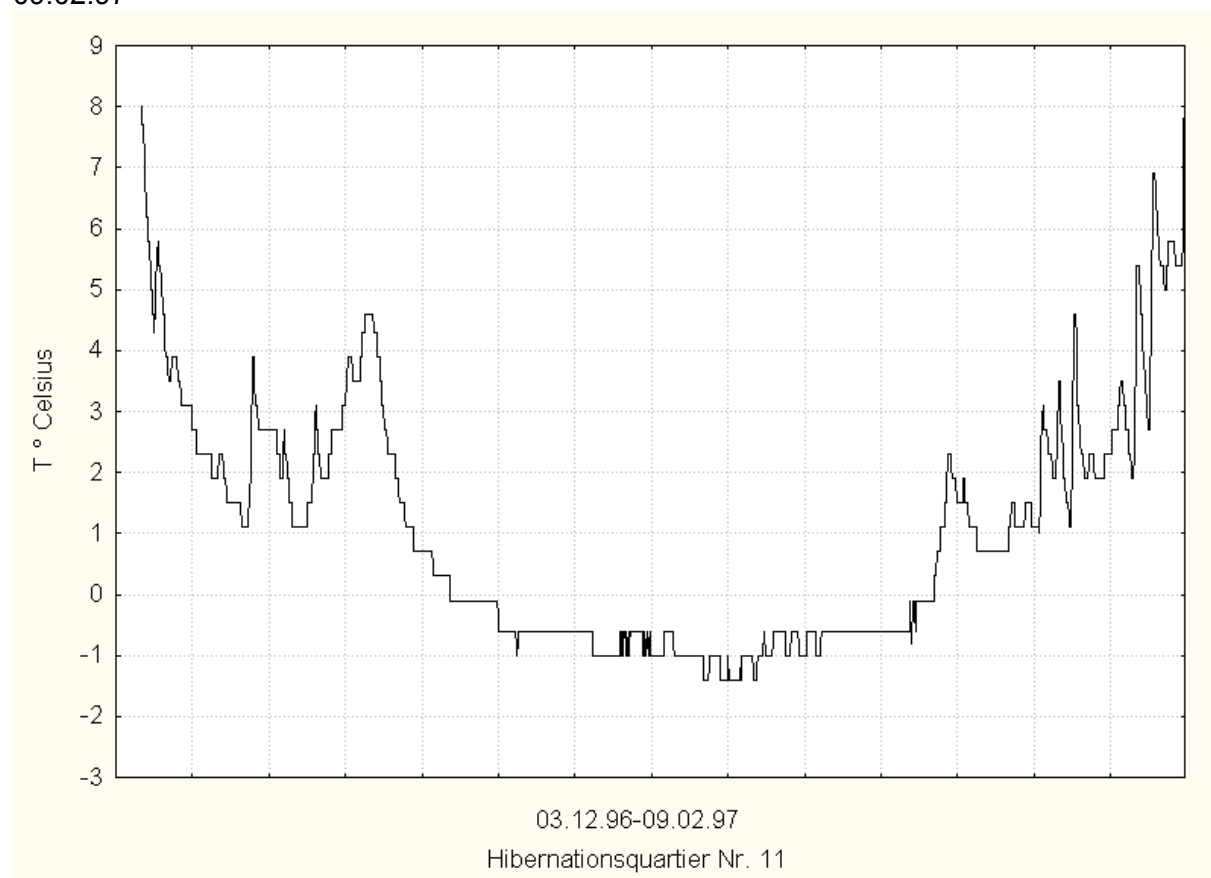


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-09.02.97

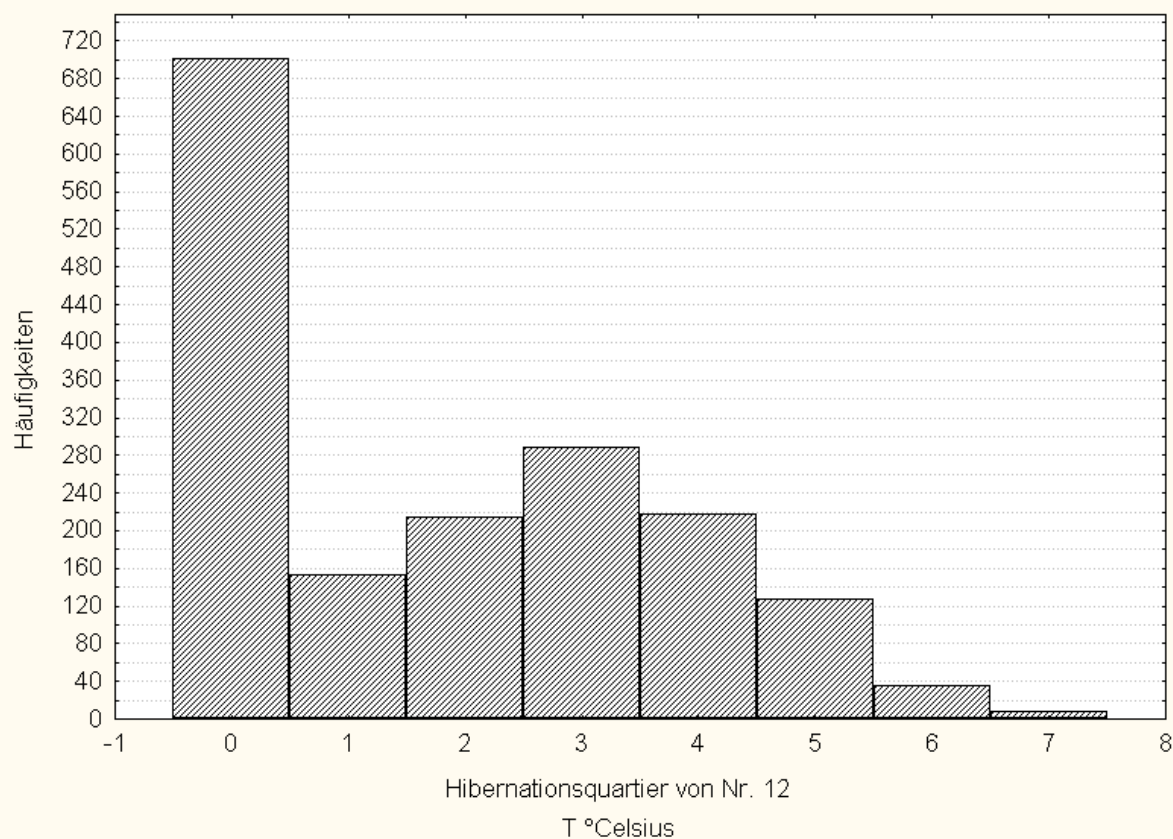


Abb. 15: Temperaturverlauf im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 vom 03.12.96-09.02.97

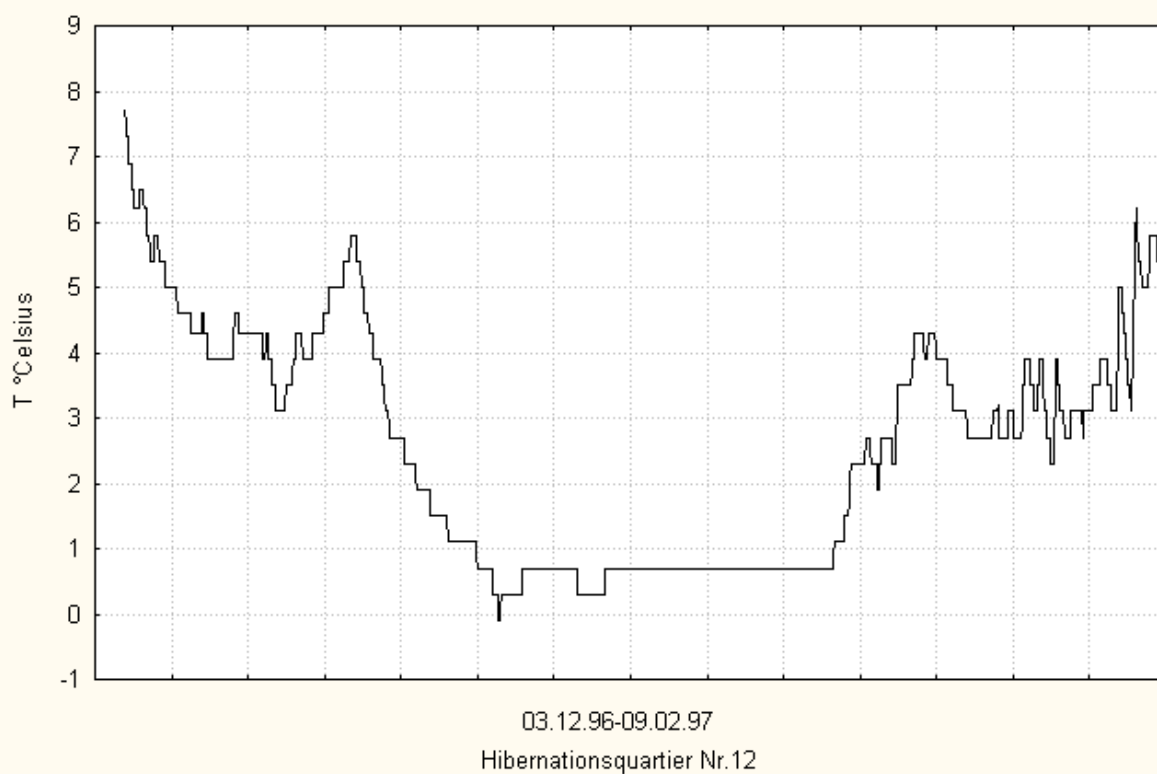


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-25.01.97

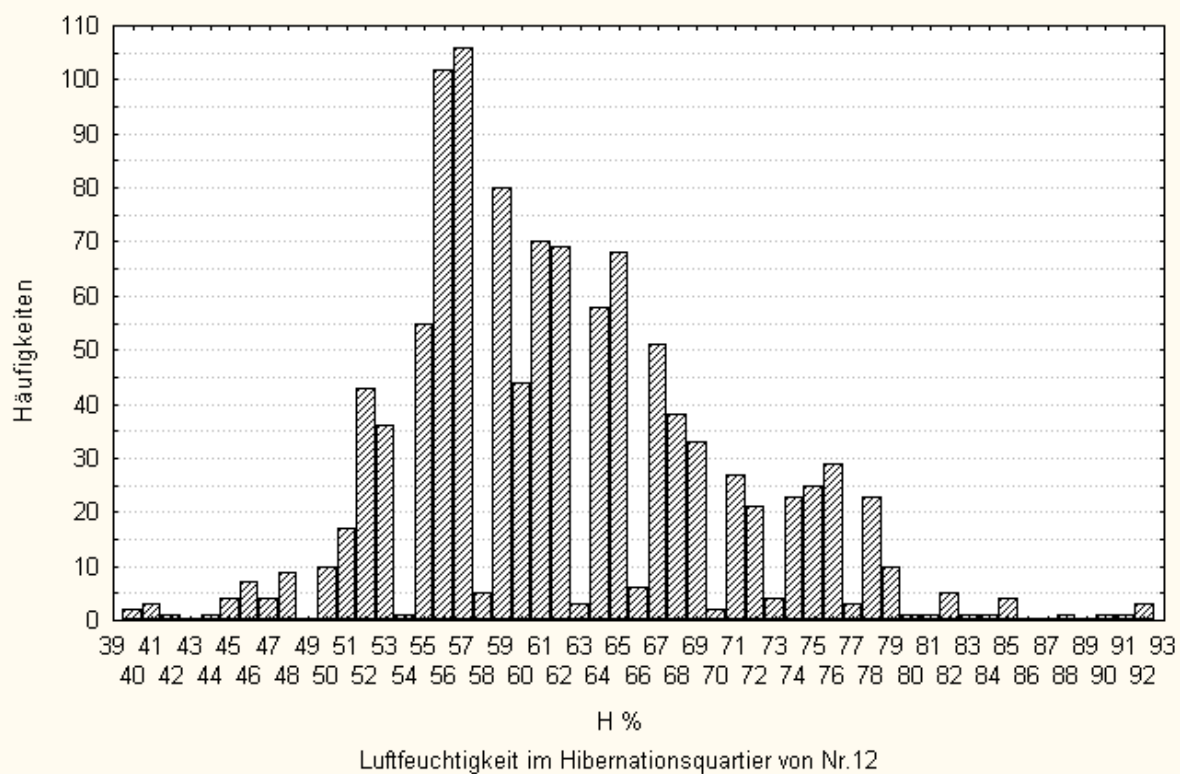


Abb. 17: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte im Hibernationsquartier von Männchen Nr.12 vom 03.12.96-25.01.97

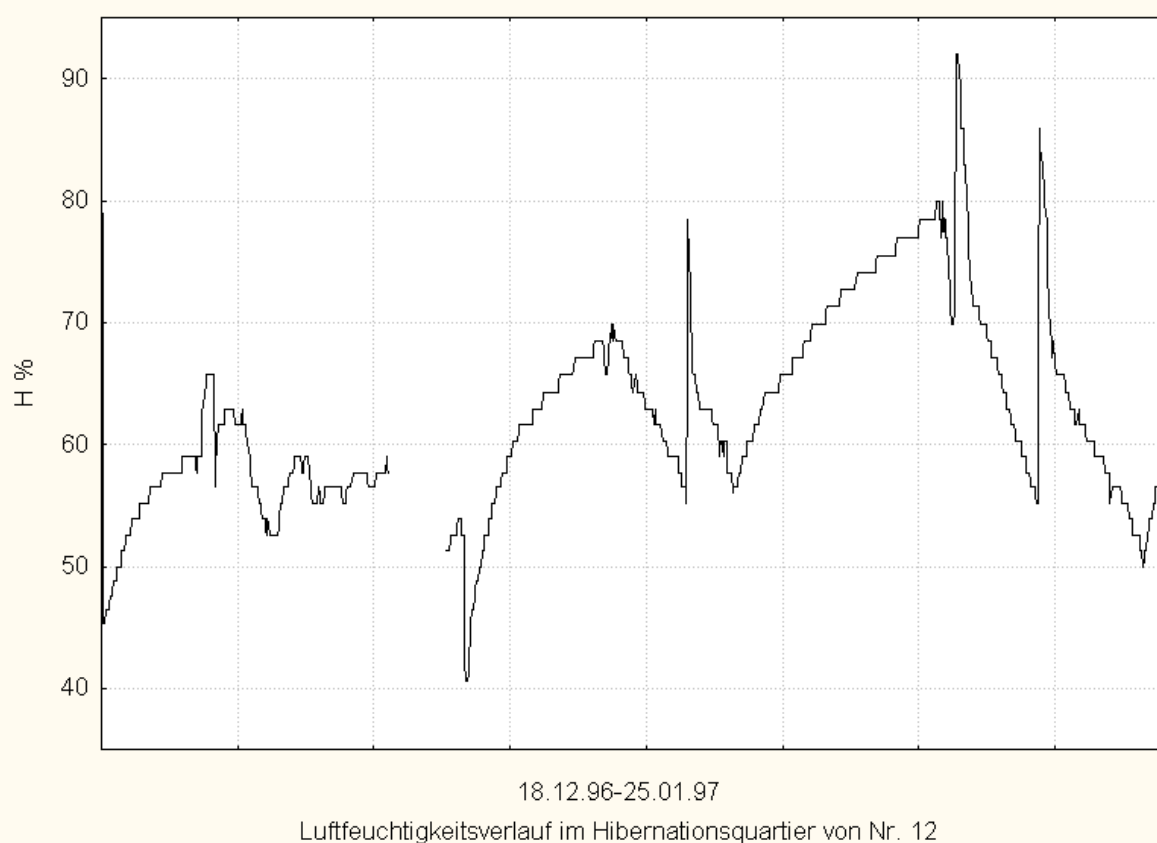


Abb. 18: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97

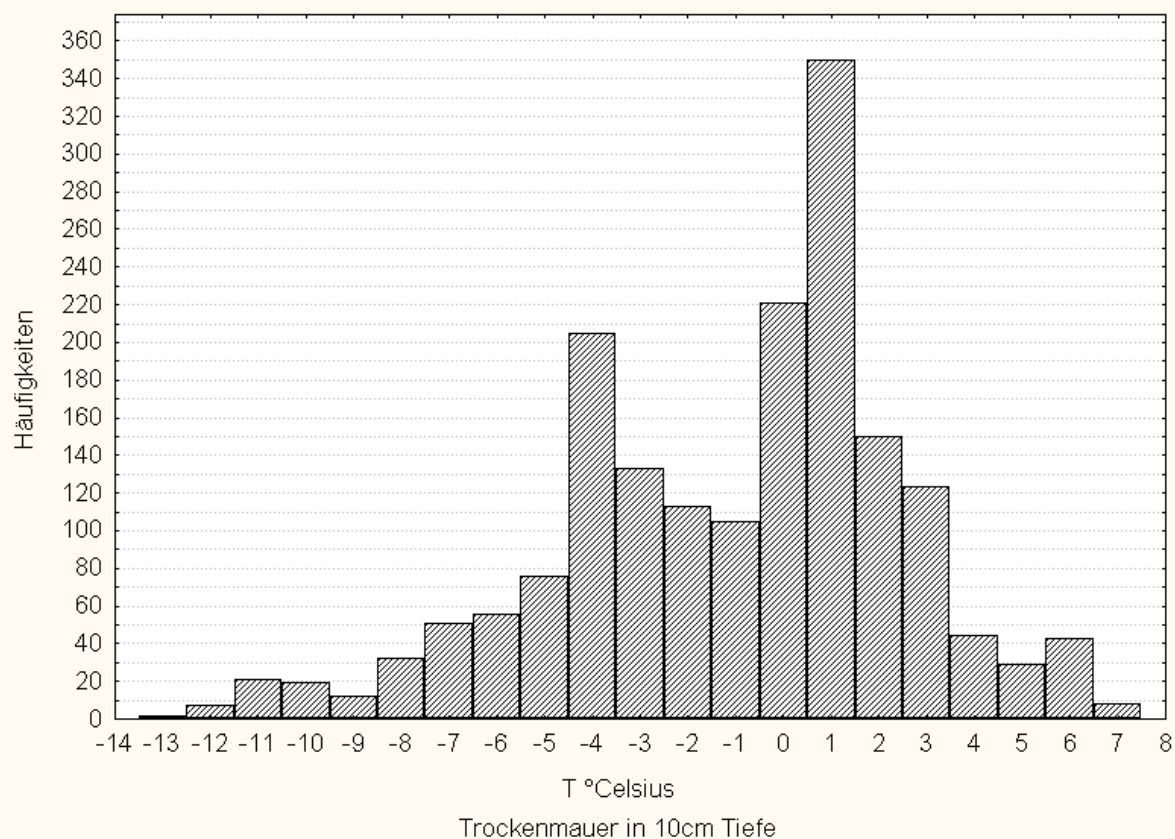


Abb. 19: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

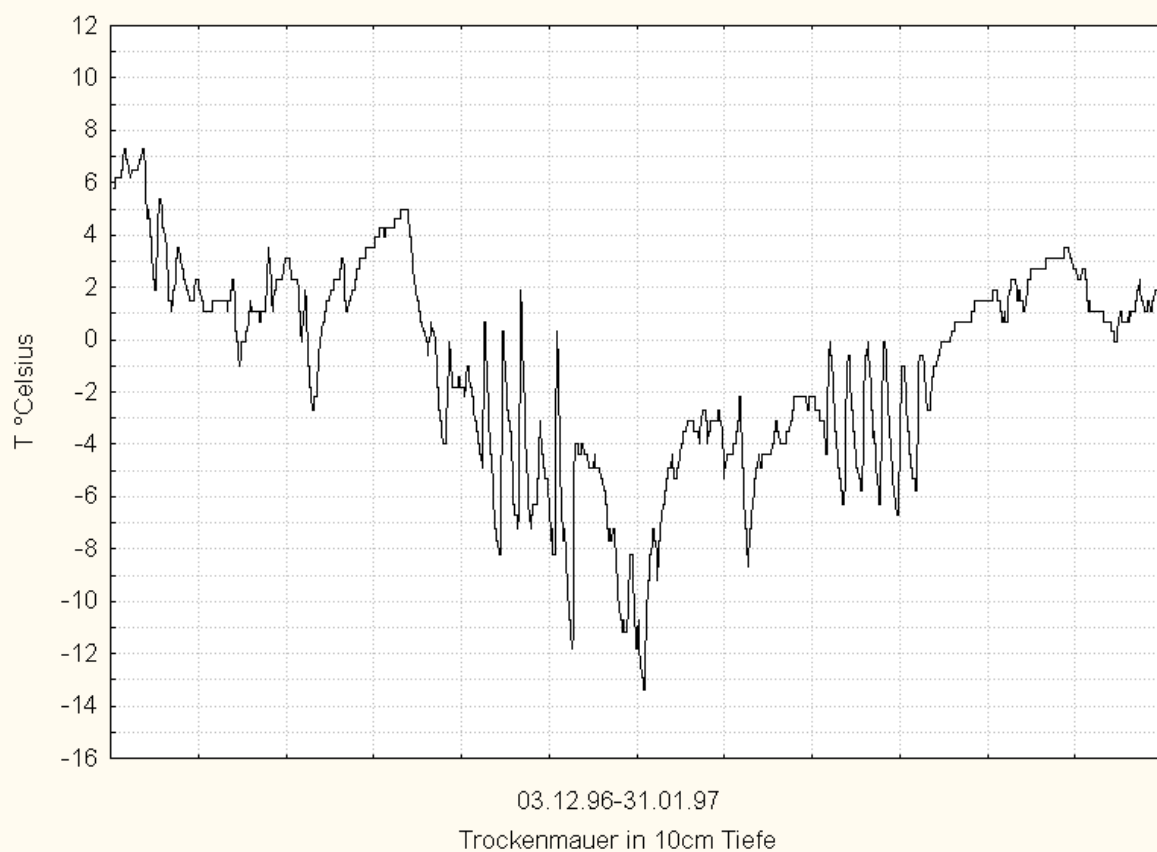


Abb. 20: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97

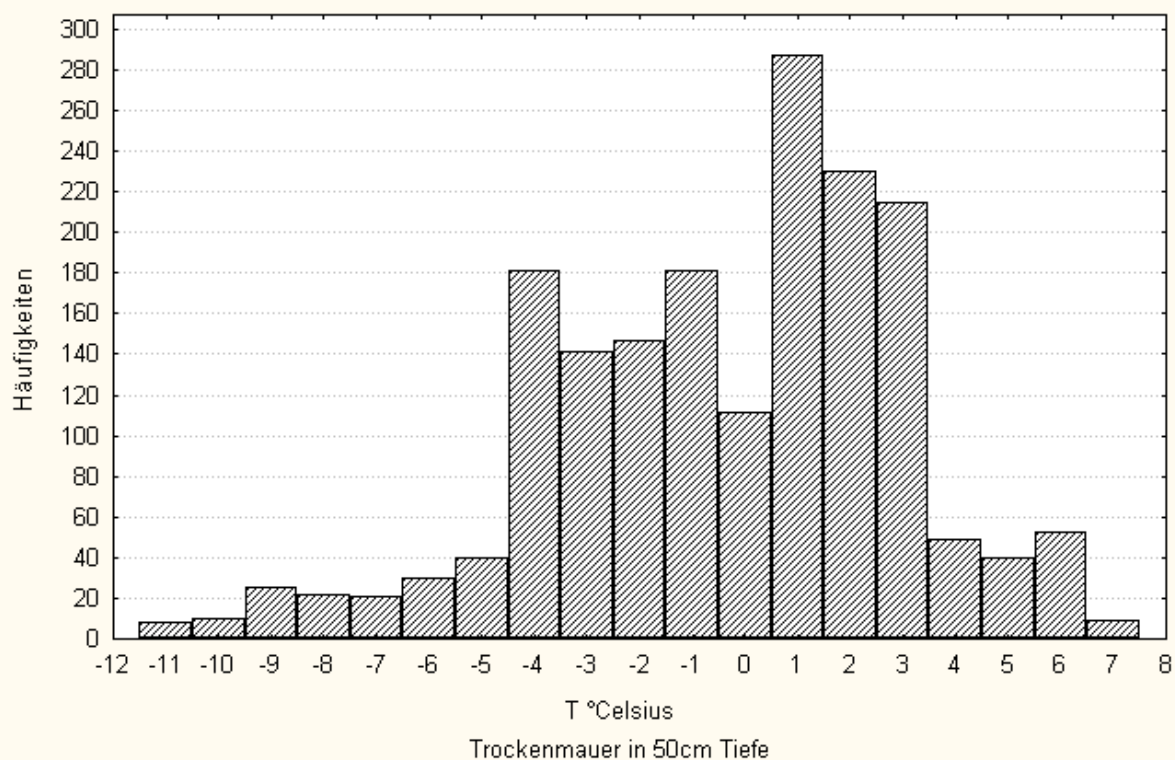


Abb. 21: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

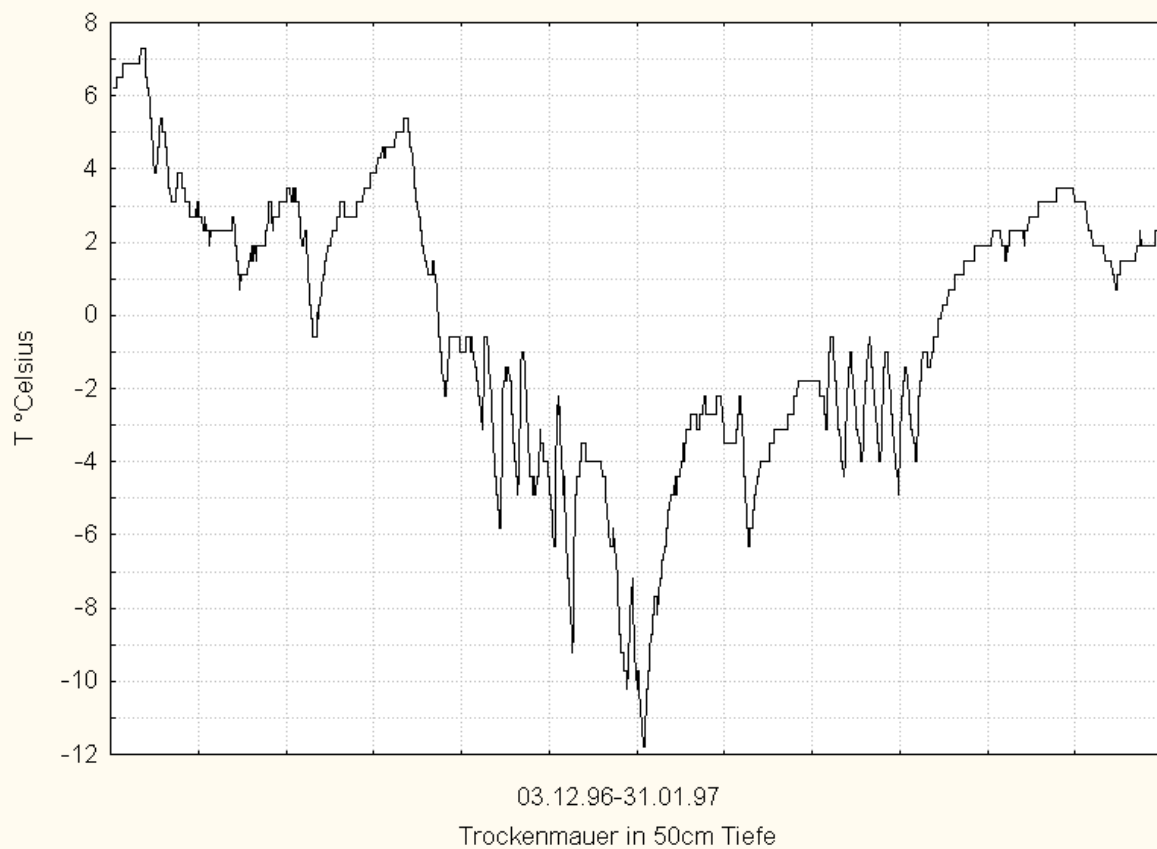


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97

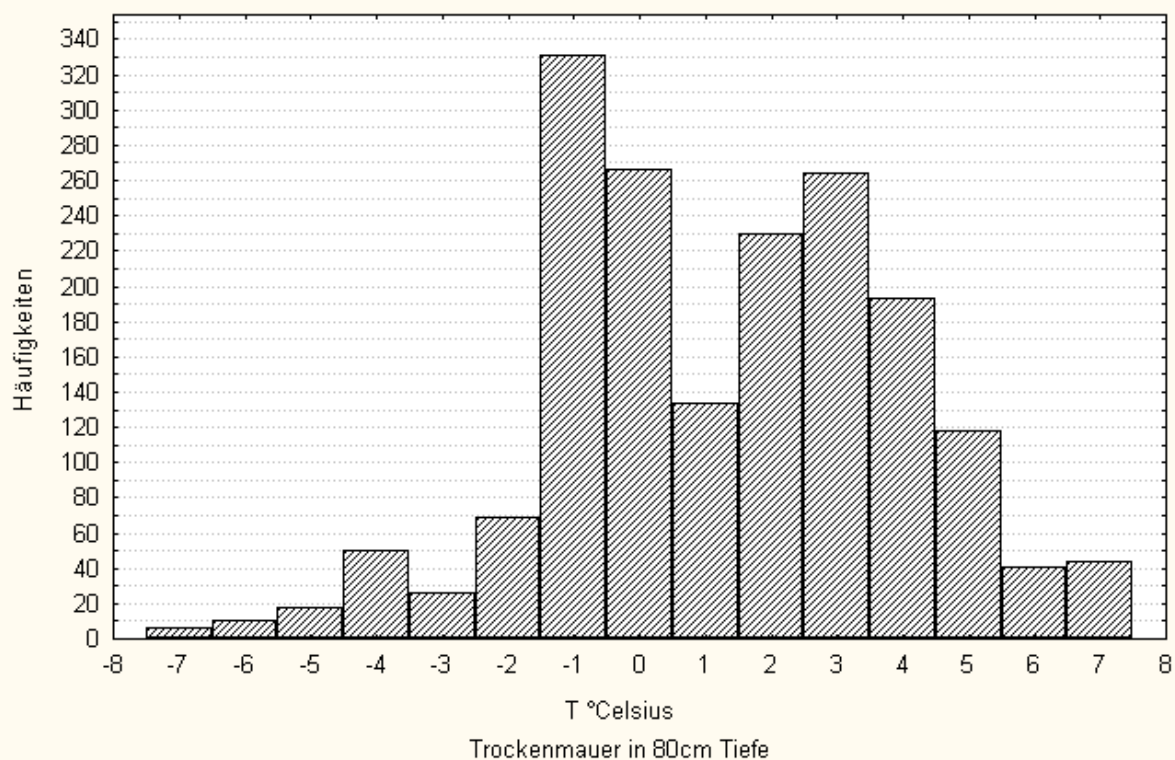


Abb. 23: Temperaturverlauf in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

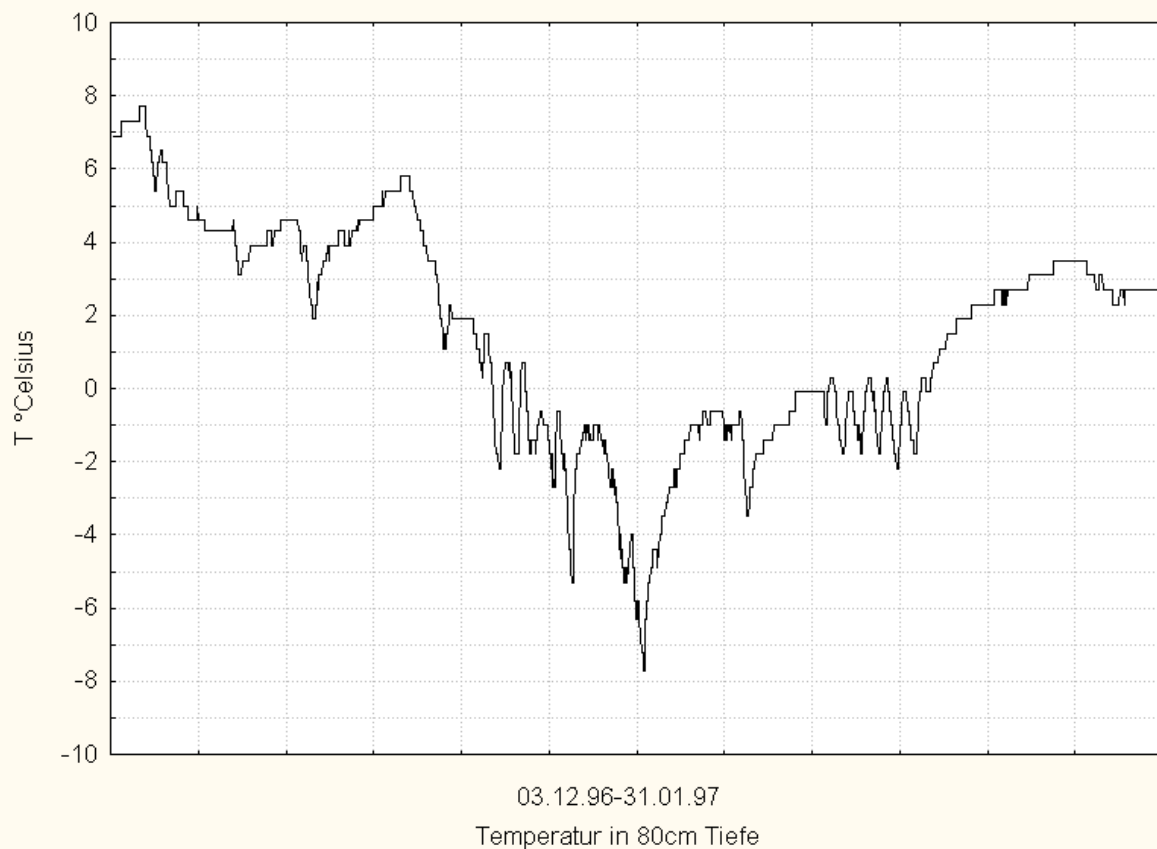


Abb. 24: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97

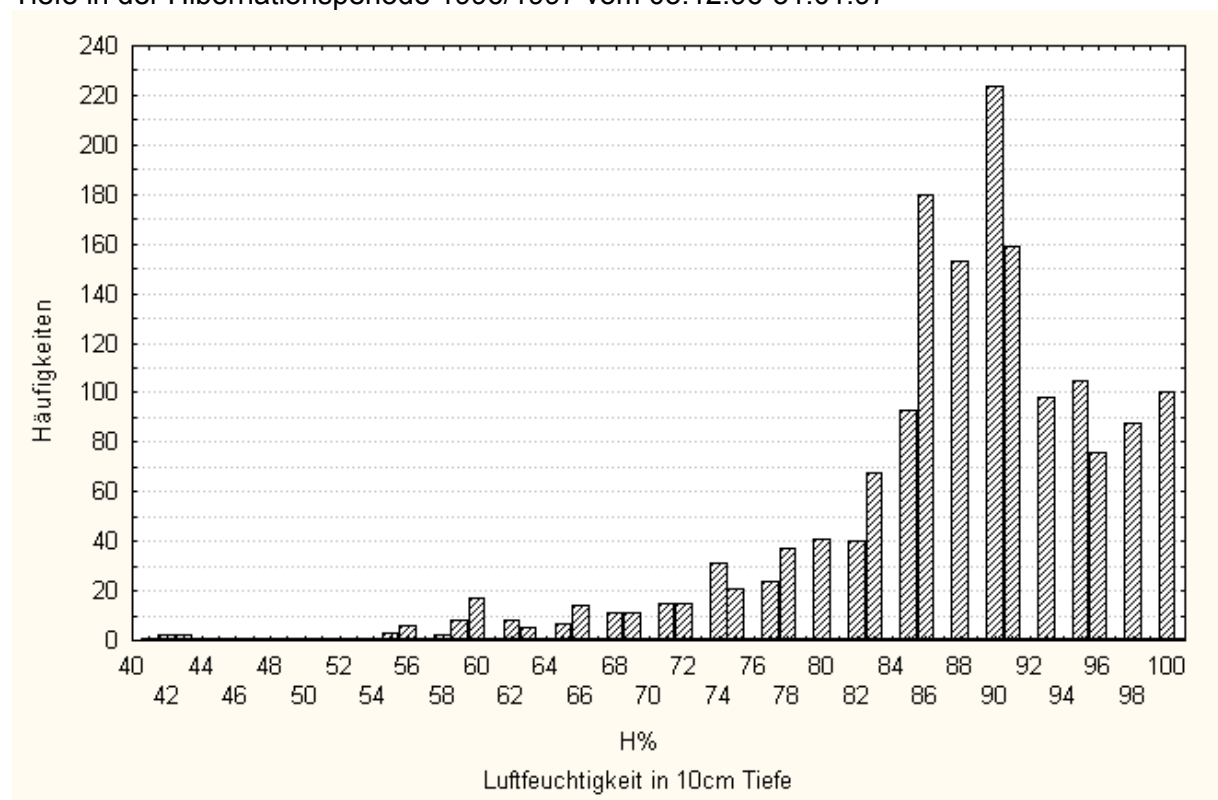


Abb. 25: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 10cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

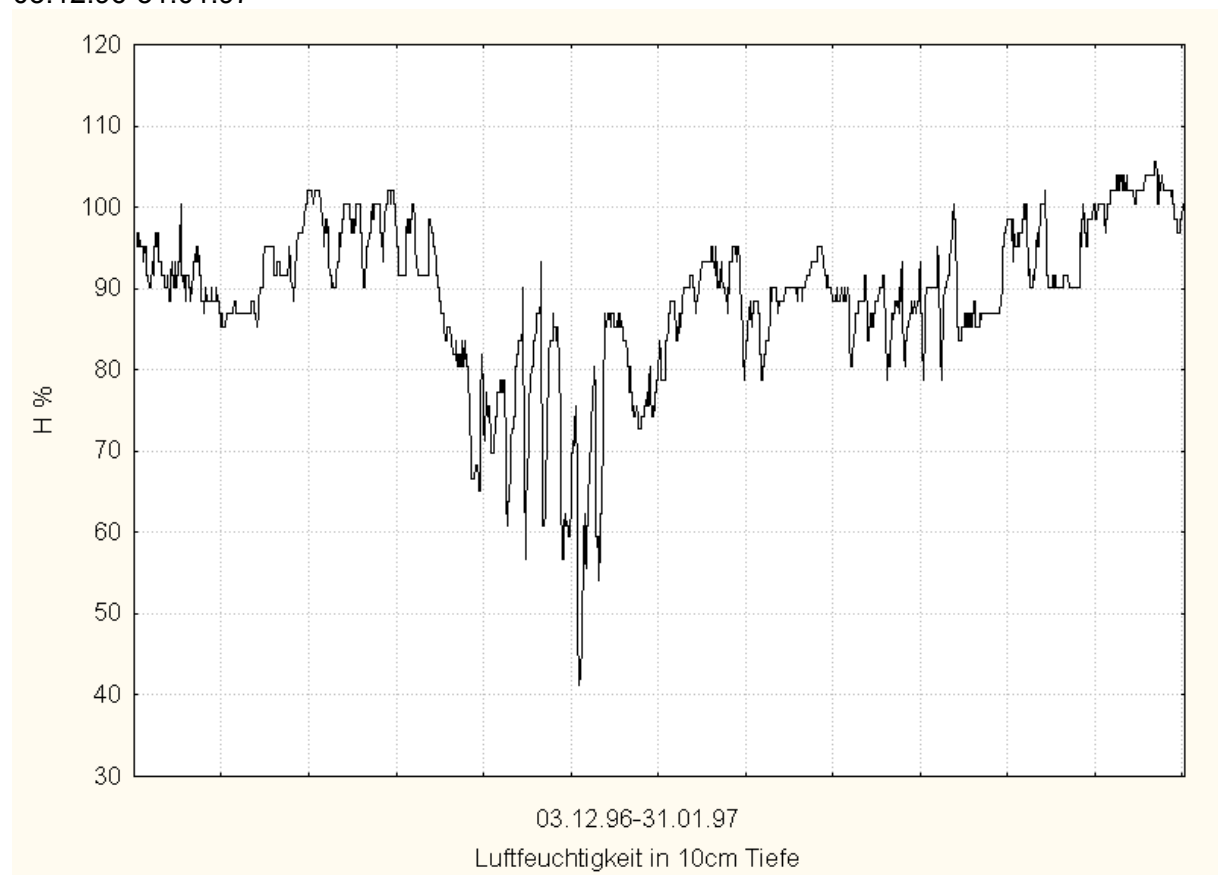


Abb. 26: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97

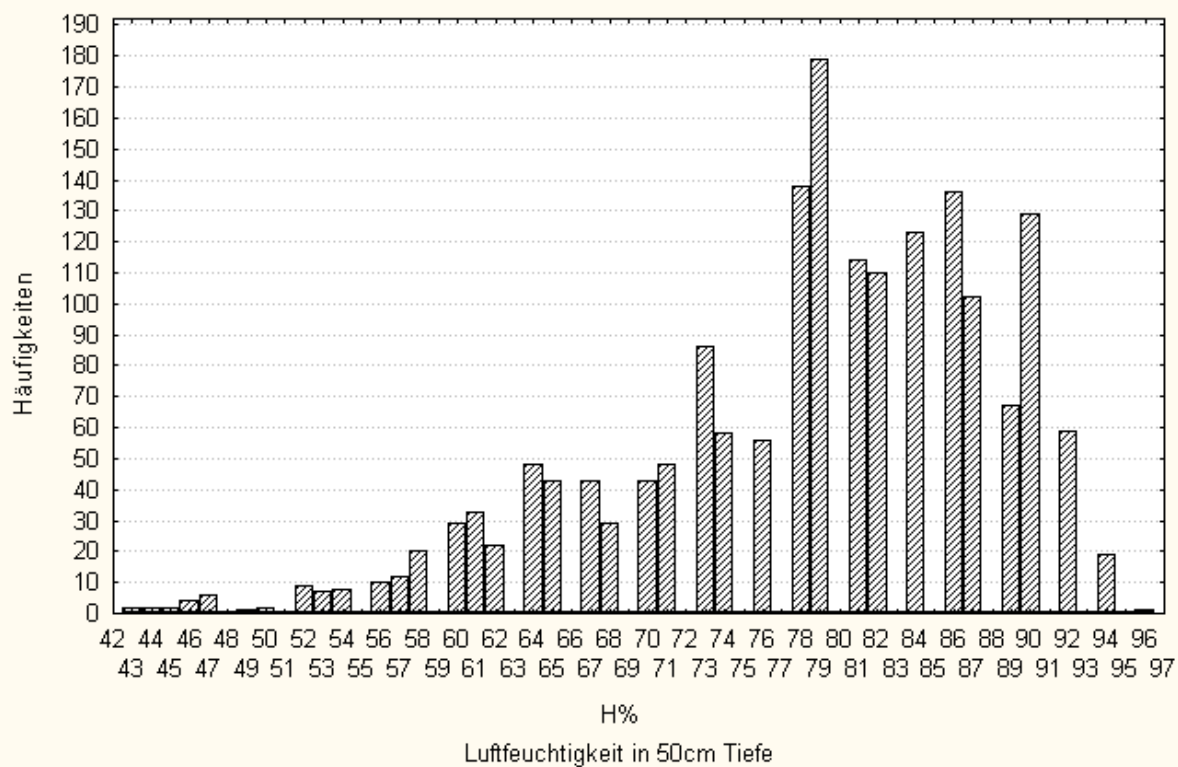


Abb. 27: Verlauf der Luftfeuchtigkeitswerte in einer Trockenmauer in 50cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

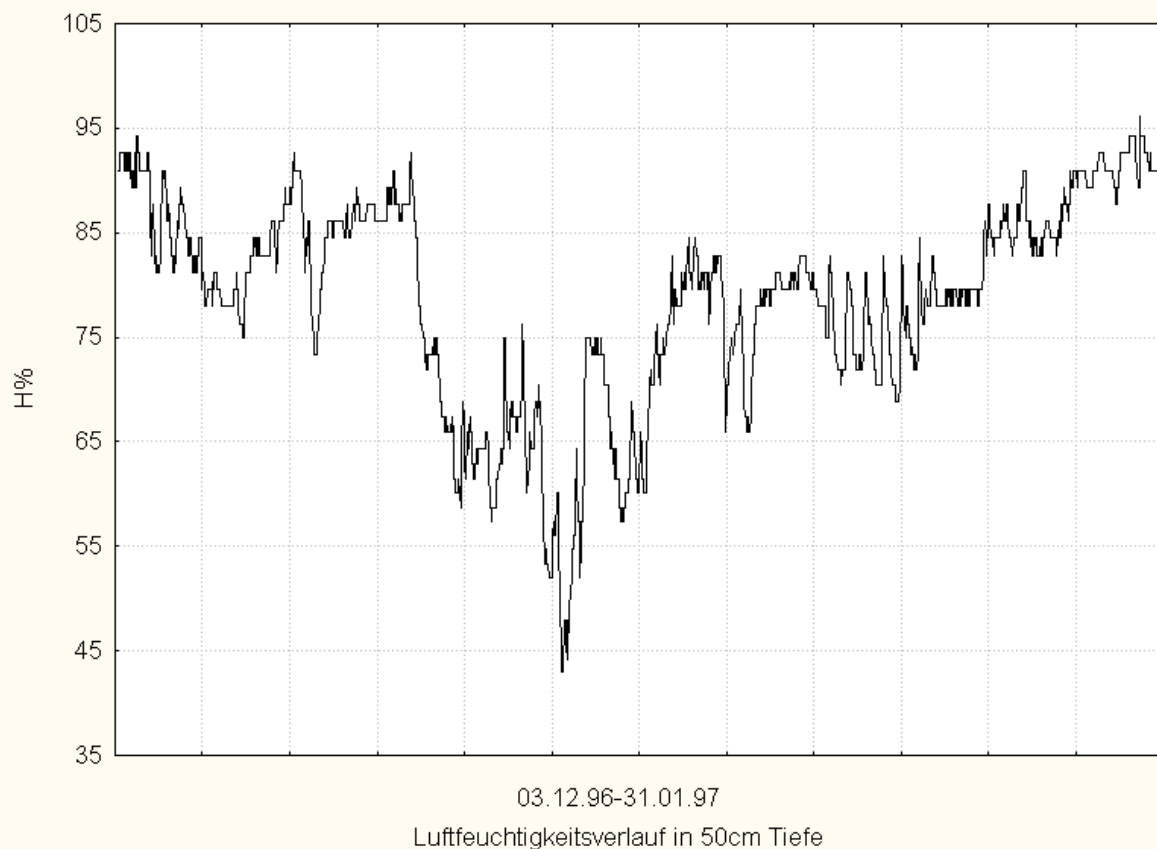


Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtwerte in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 03.12.96-31.01.97

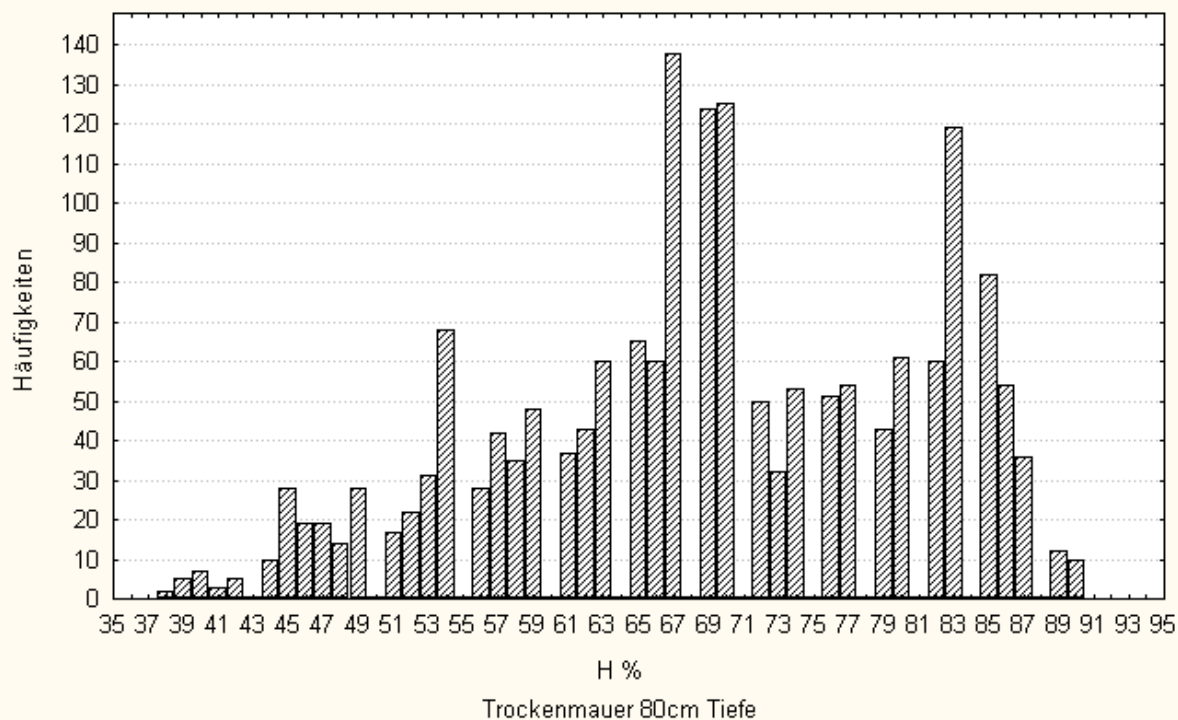


Abb. 29: Verlauf der Luftfeuchtwerte in einer Trockenmauer in 80cm Tiefe vom 03.12.96-31.01.97

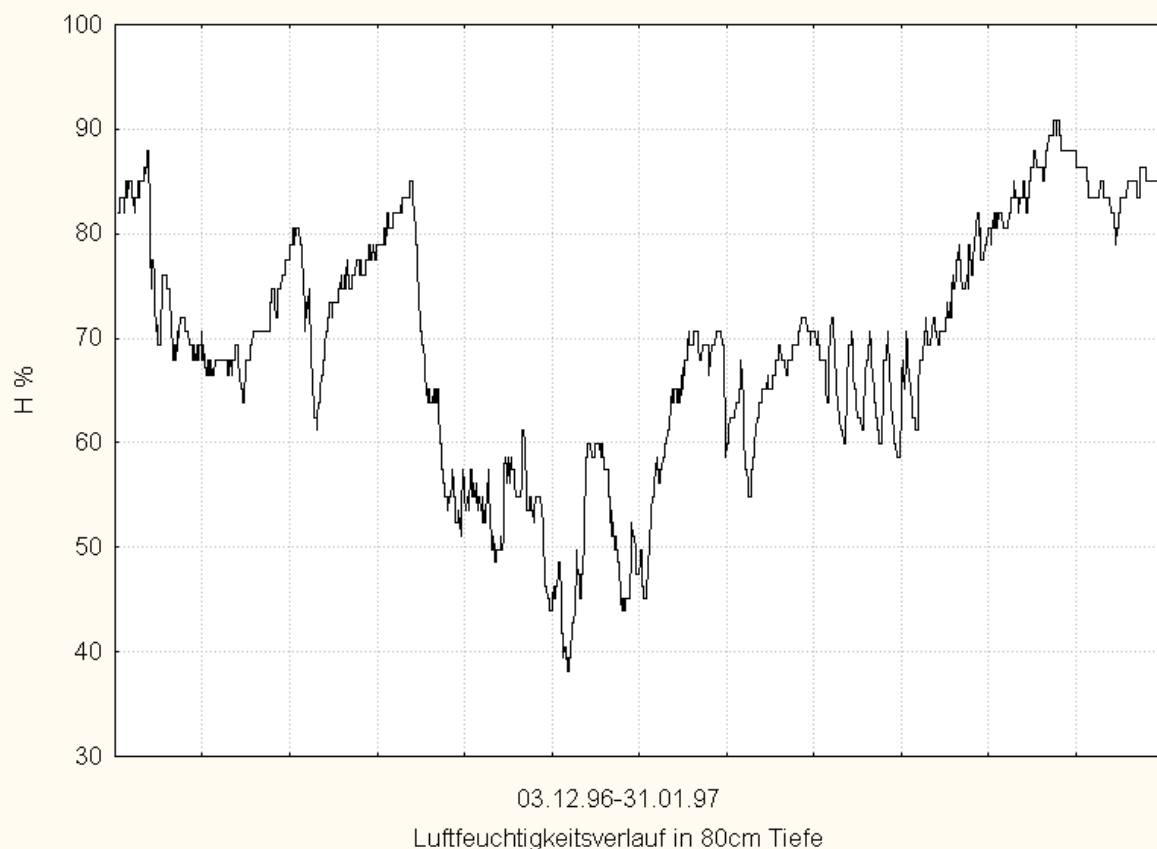


Abb. 30: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 02.12.96-09.02.97

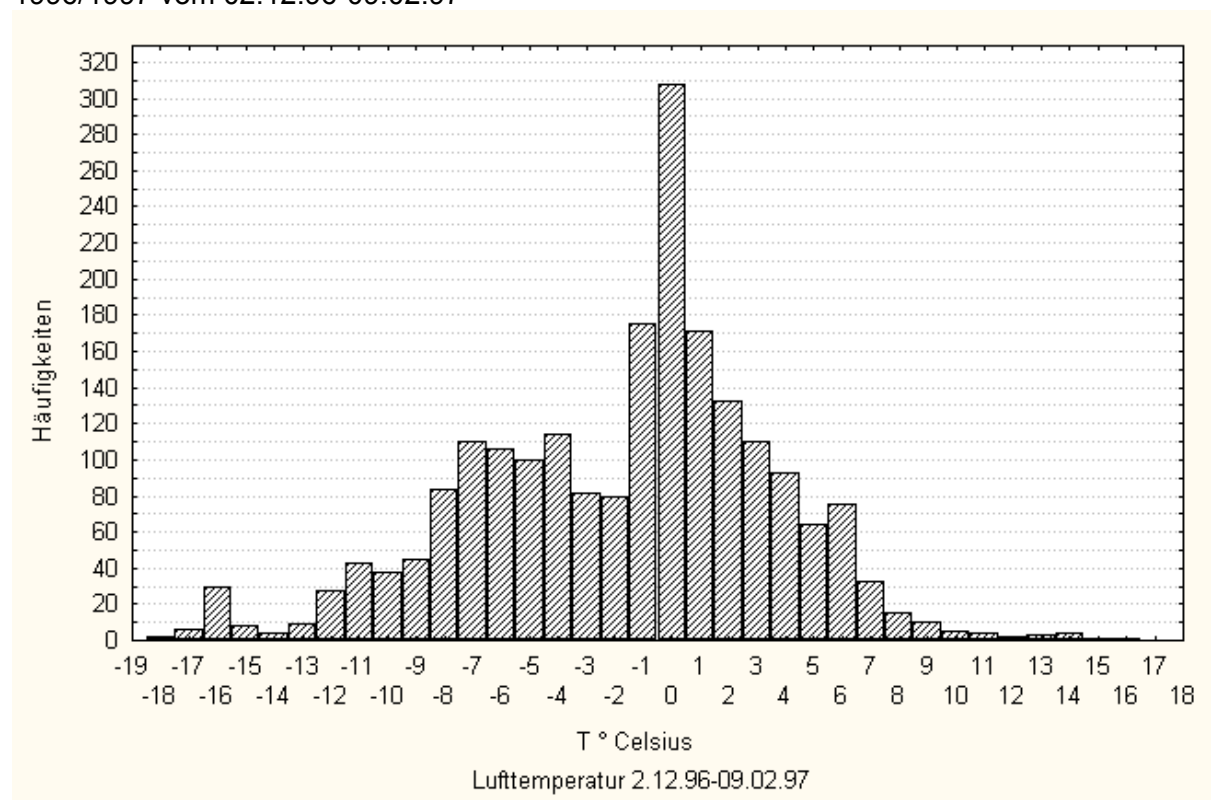


Abb. 31: Verlauf der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 02.12.96-09.02.97

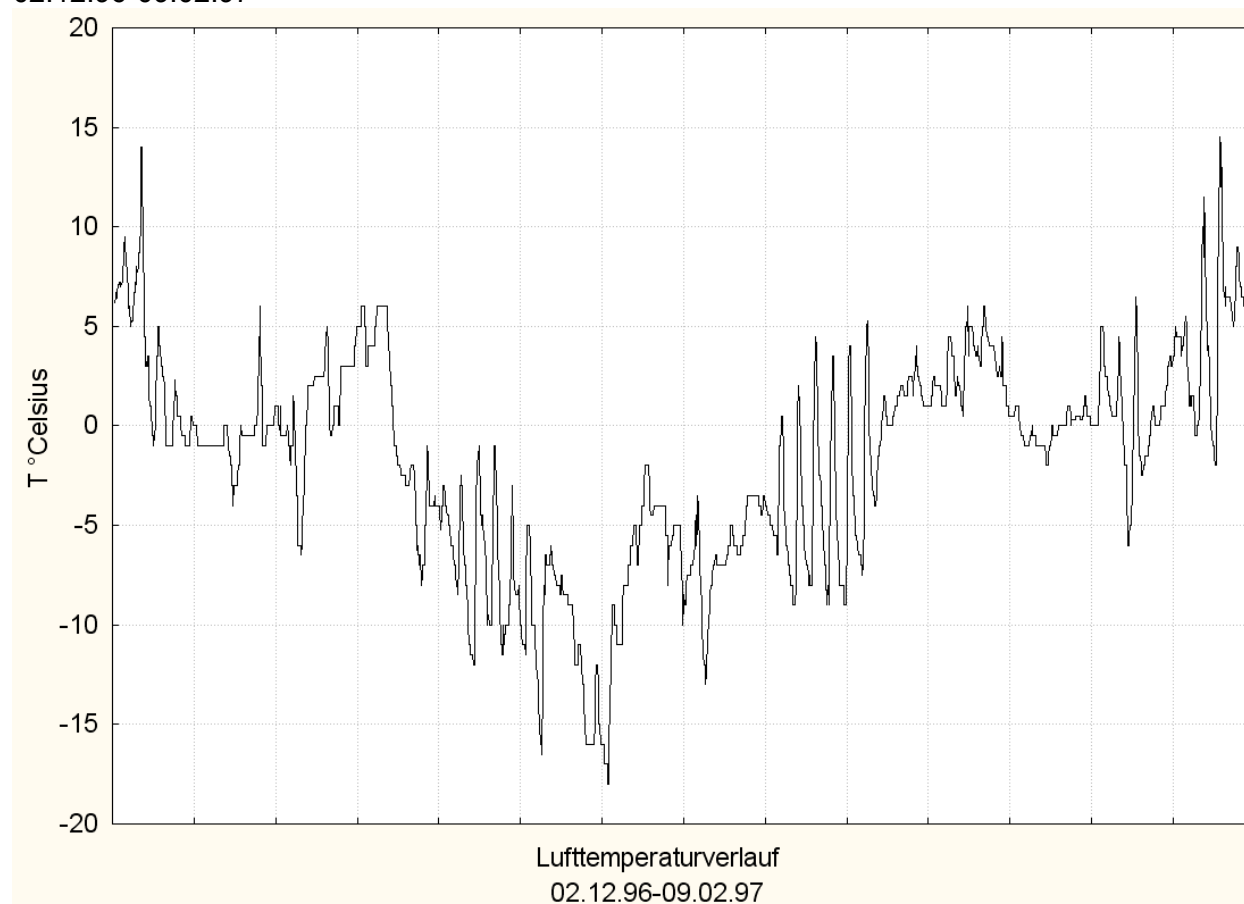


Abb. 32: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1997/1998 von Nr.17 vom 28.10.97-26.02.98

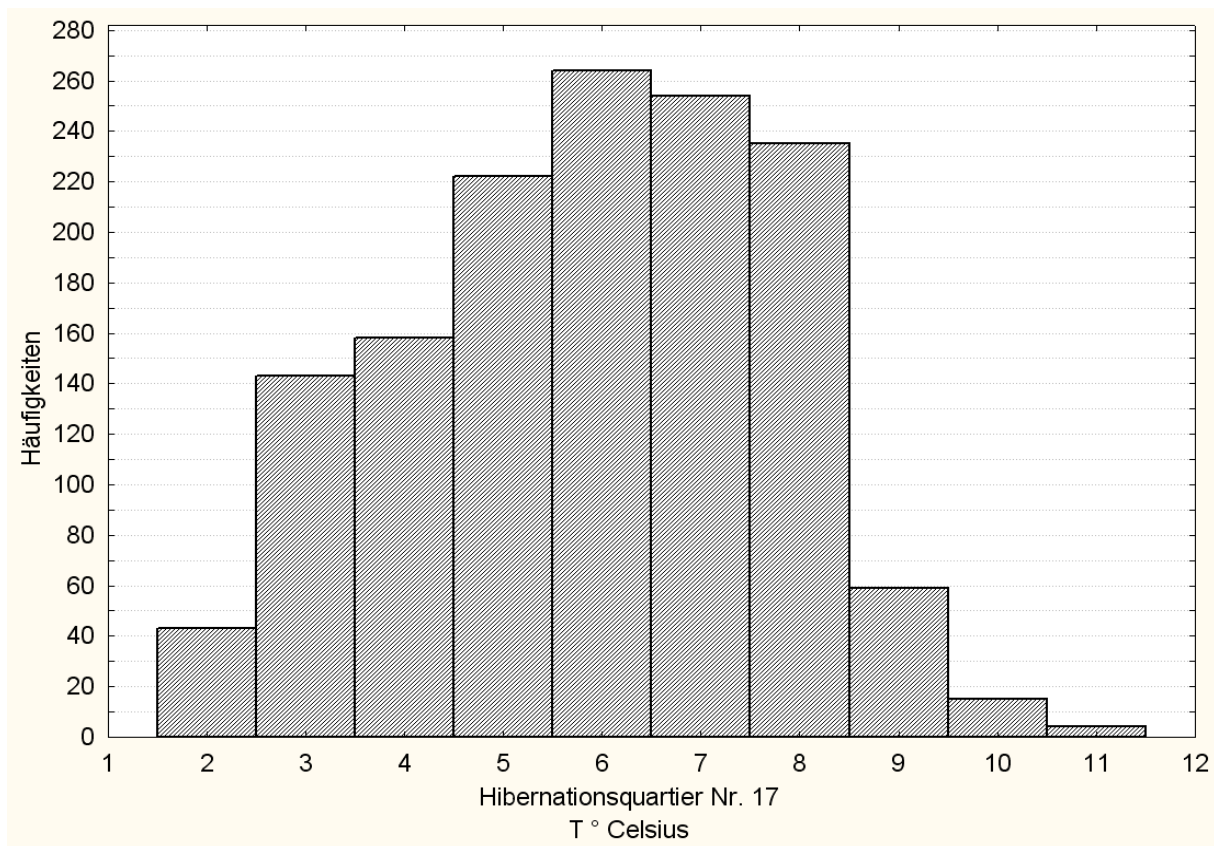


Abb. 33: Temperaturverlauf im Hibernationsquartier von Weibchen Nr.17 vom 28.10.97-26.02.98

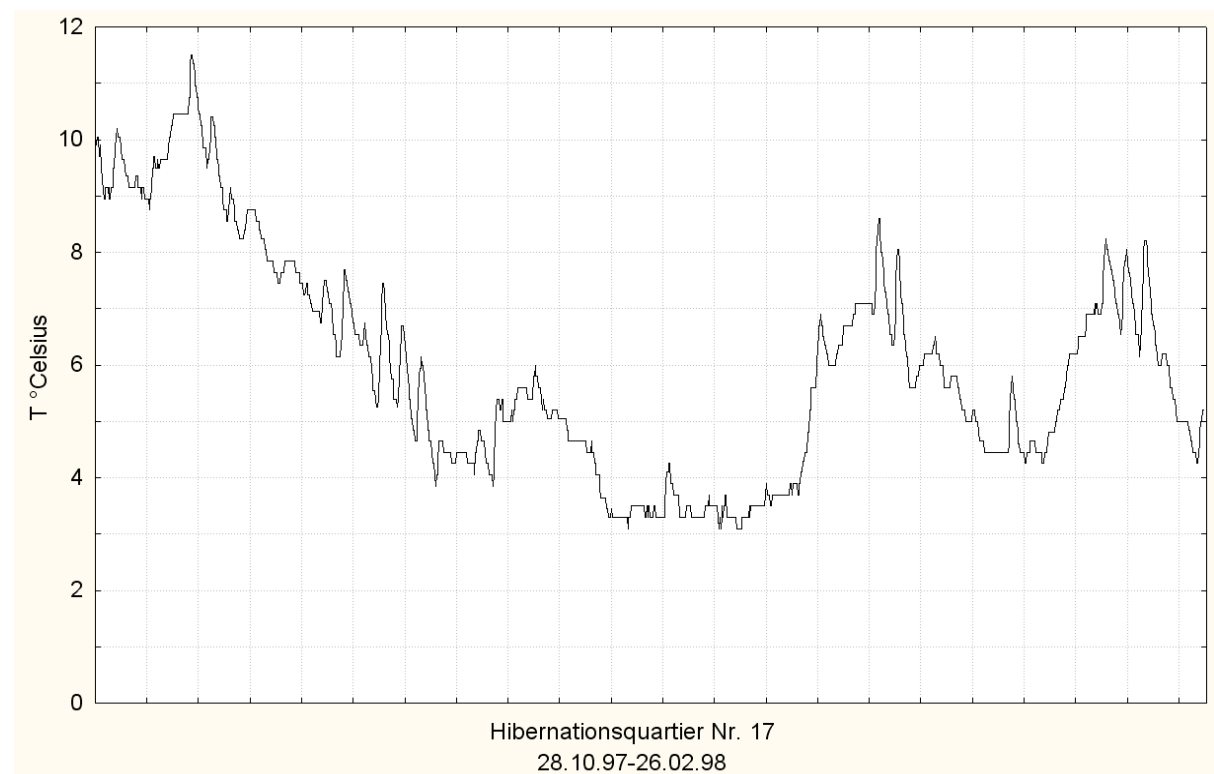


Abb. 34: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1996/1997 vom 16.11.97-28.02.98

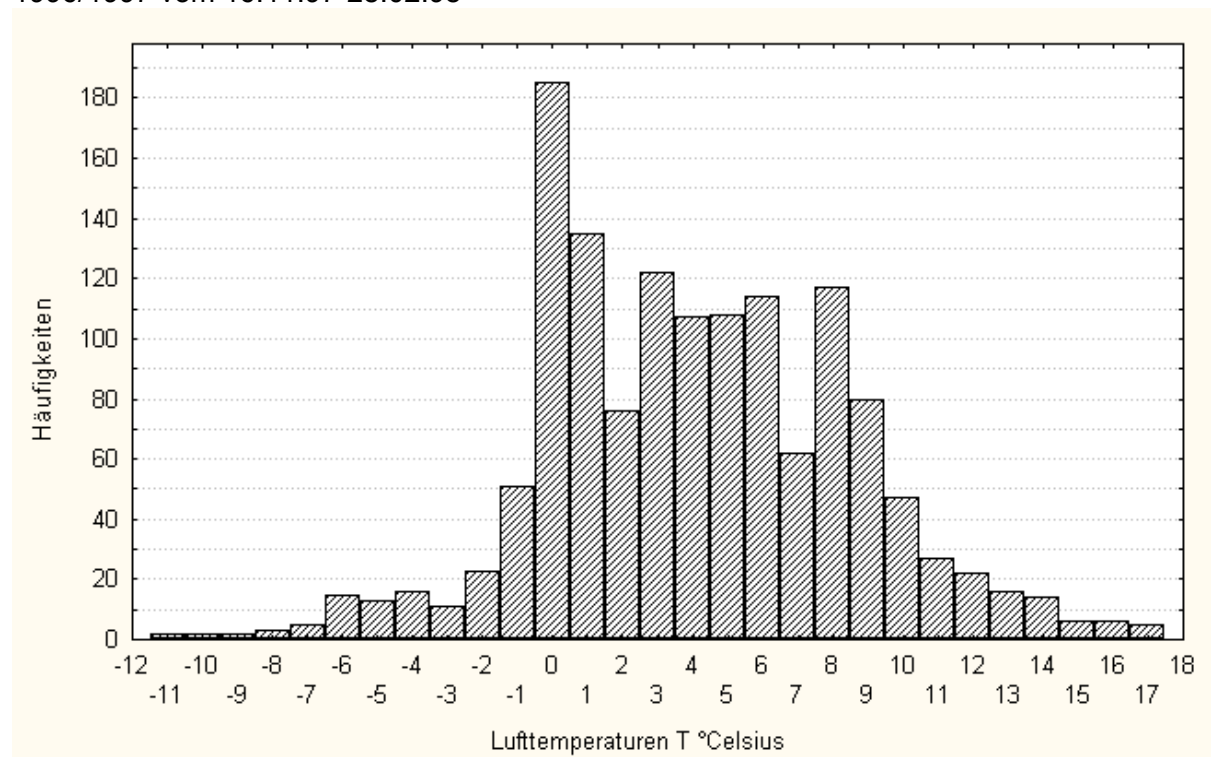


Abb. 35: Lufttemperaturverlauf vom 16.11.97-28.02.98

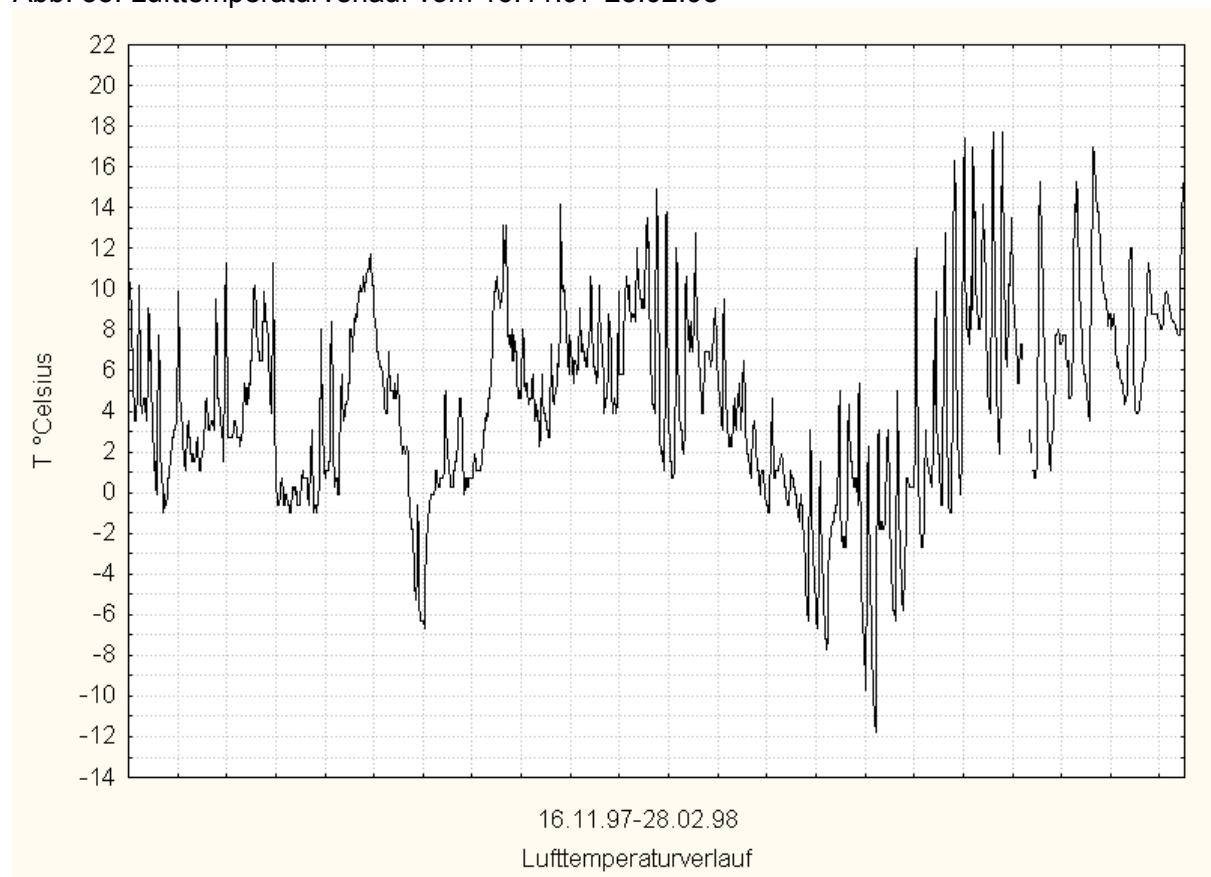


Abb. 36: Häufigkeitsverteilung der Durchschnittstemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 von Nr.5 & 26 vom 29.10.98-28.02.99

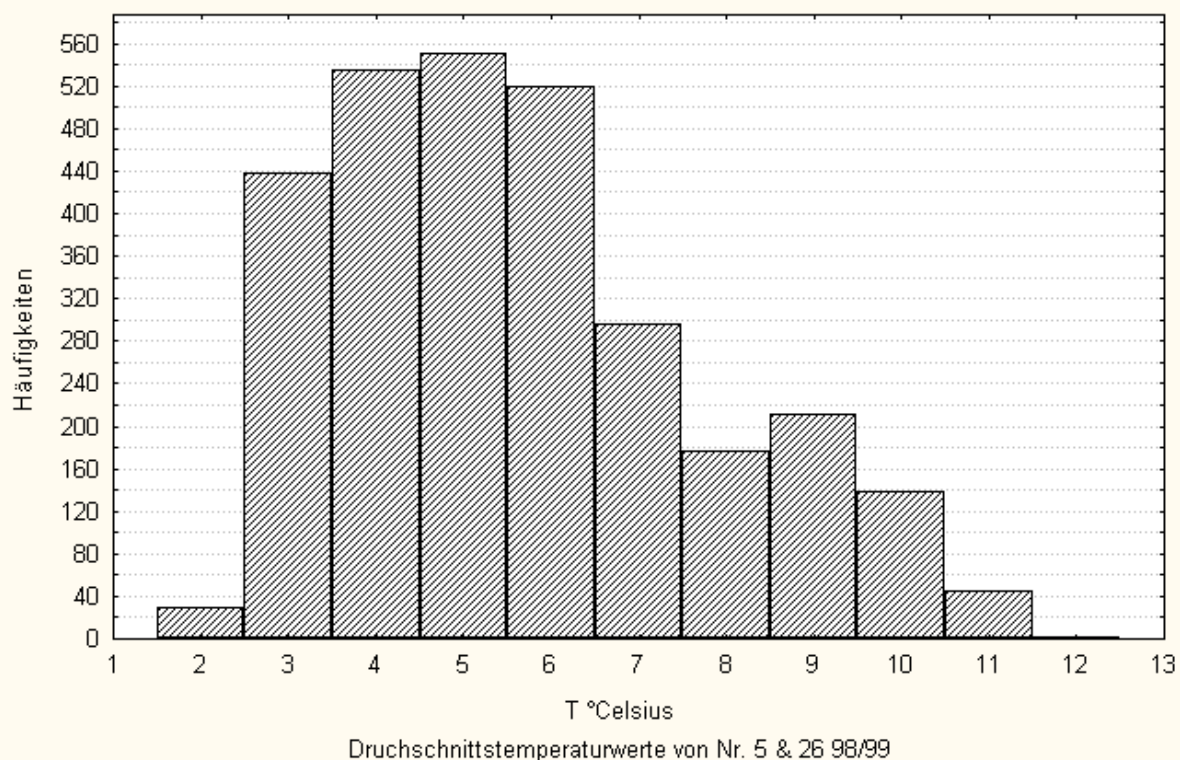


Abb. 37: Verlauf der Temperaturdurchschnittswerte von Nr.5 & 26 während der Hibernation vom 29.10.98-28.02.99

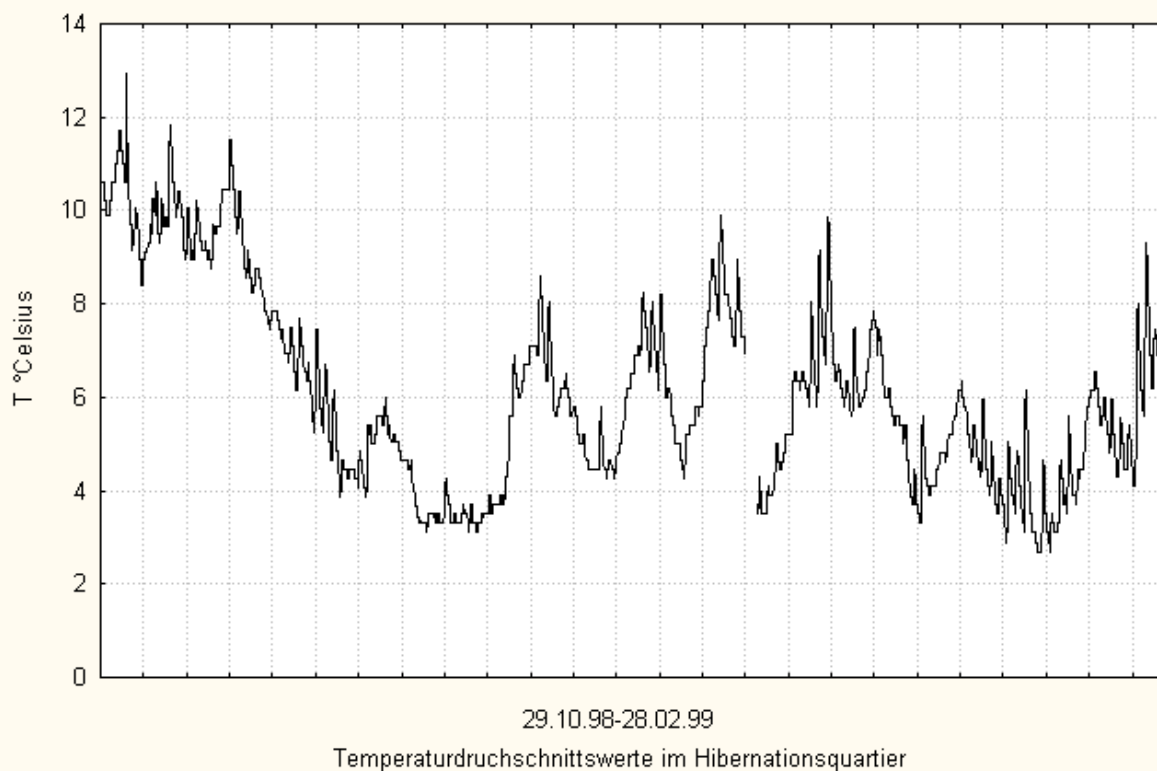


Abb. 38: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 von Nr.5 vom 29.10.98-28.02.99

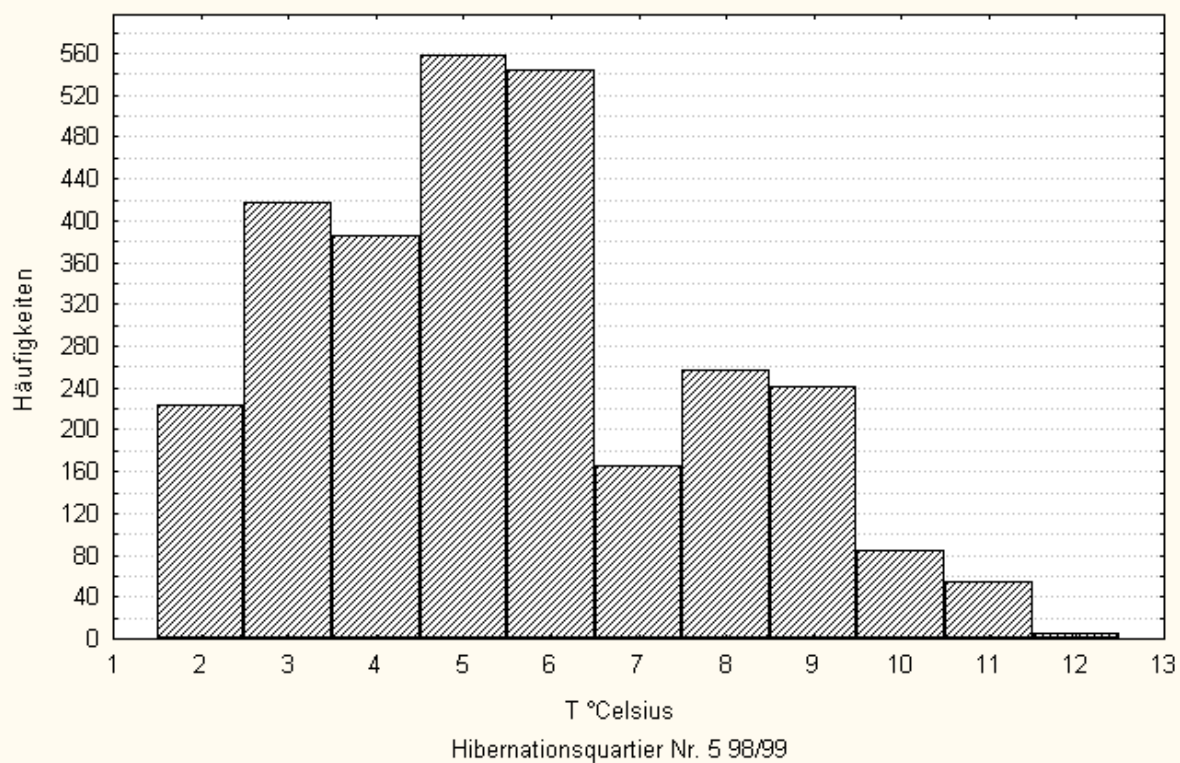


Abb. 39: Verlauf der Temperaturwerte von Nr.5 während der Hibernation vom 29.10.98-28.02.99

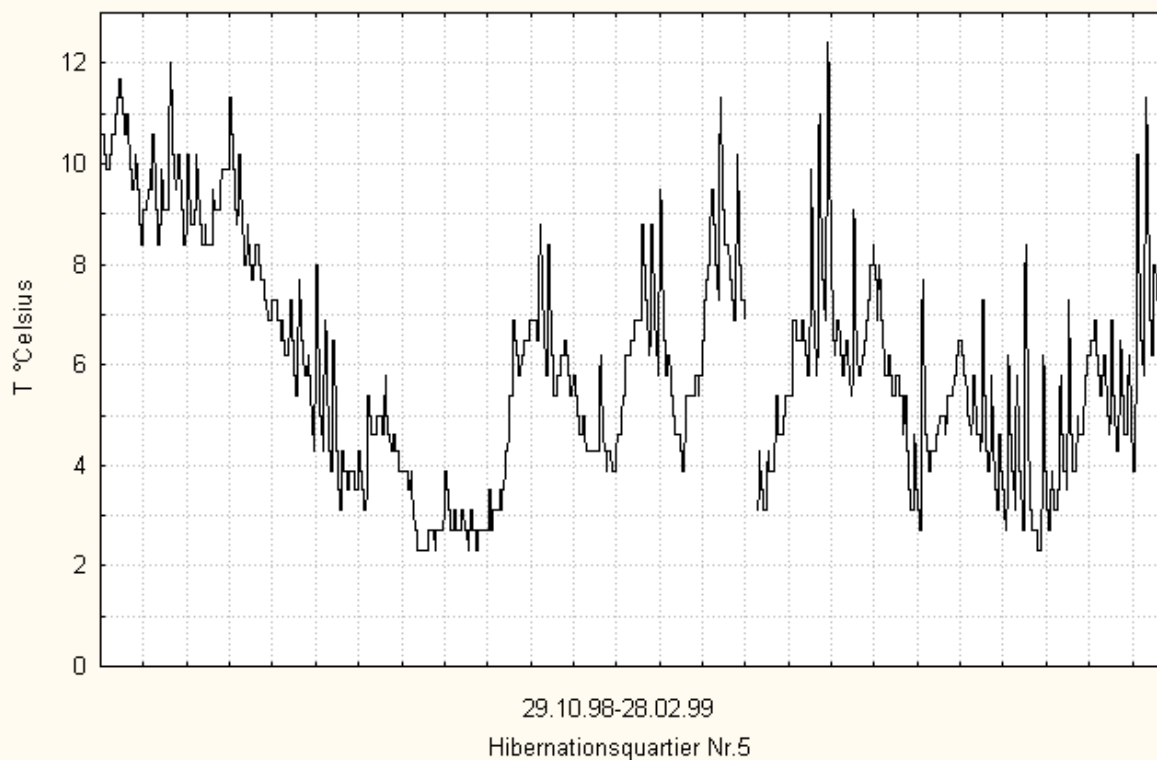


Abb. 40: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 von Nr.26 vom 29.10.98-08.02.99

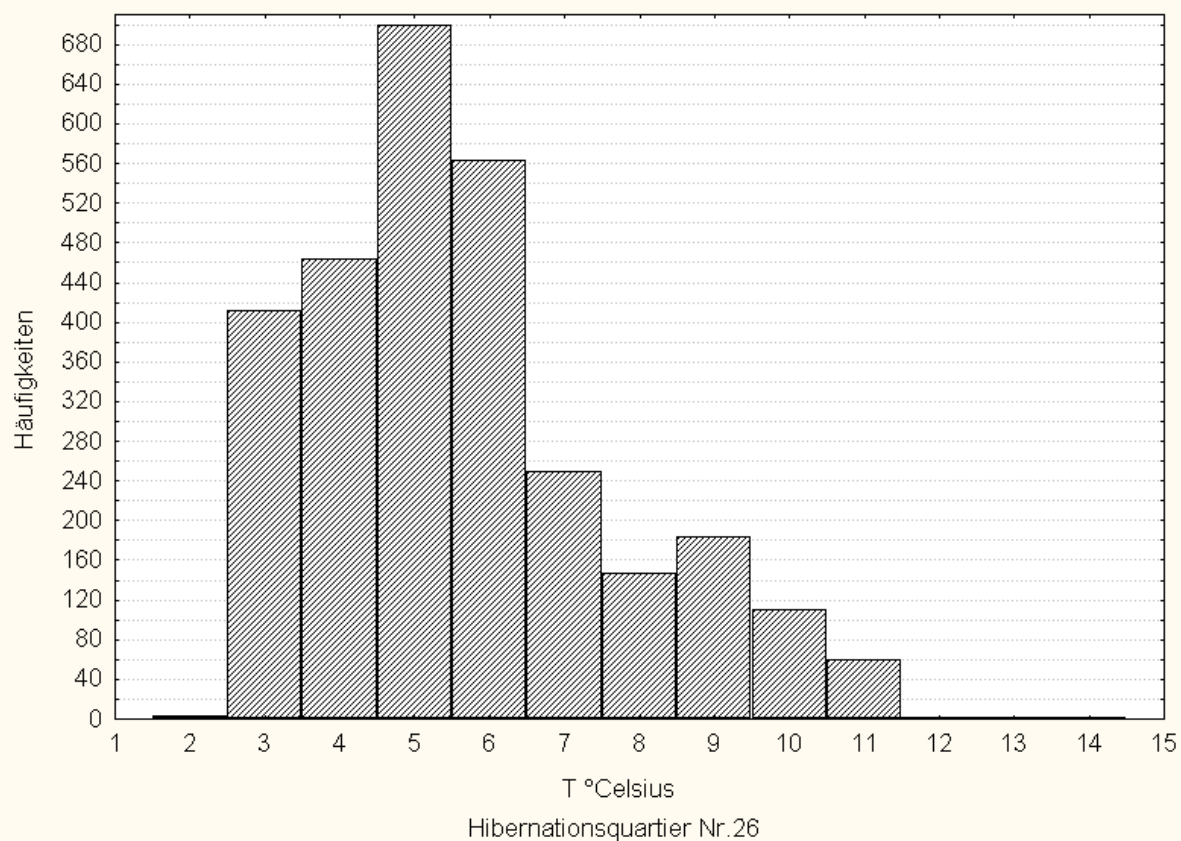


Abb. 41: Verlauf der Temperaturwerte von Nr.26 während der Hibernation vom 29.10.98-08.02.99

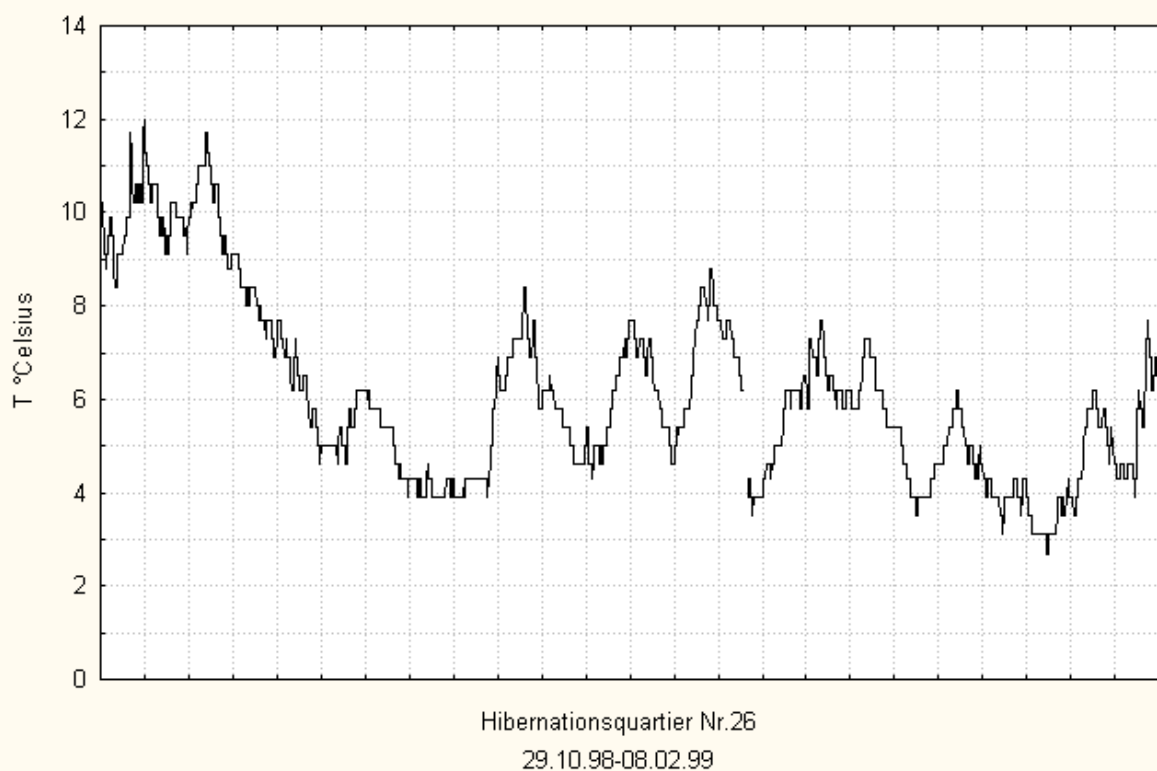


Abb. 42: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 im Sommerloch 1

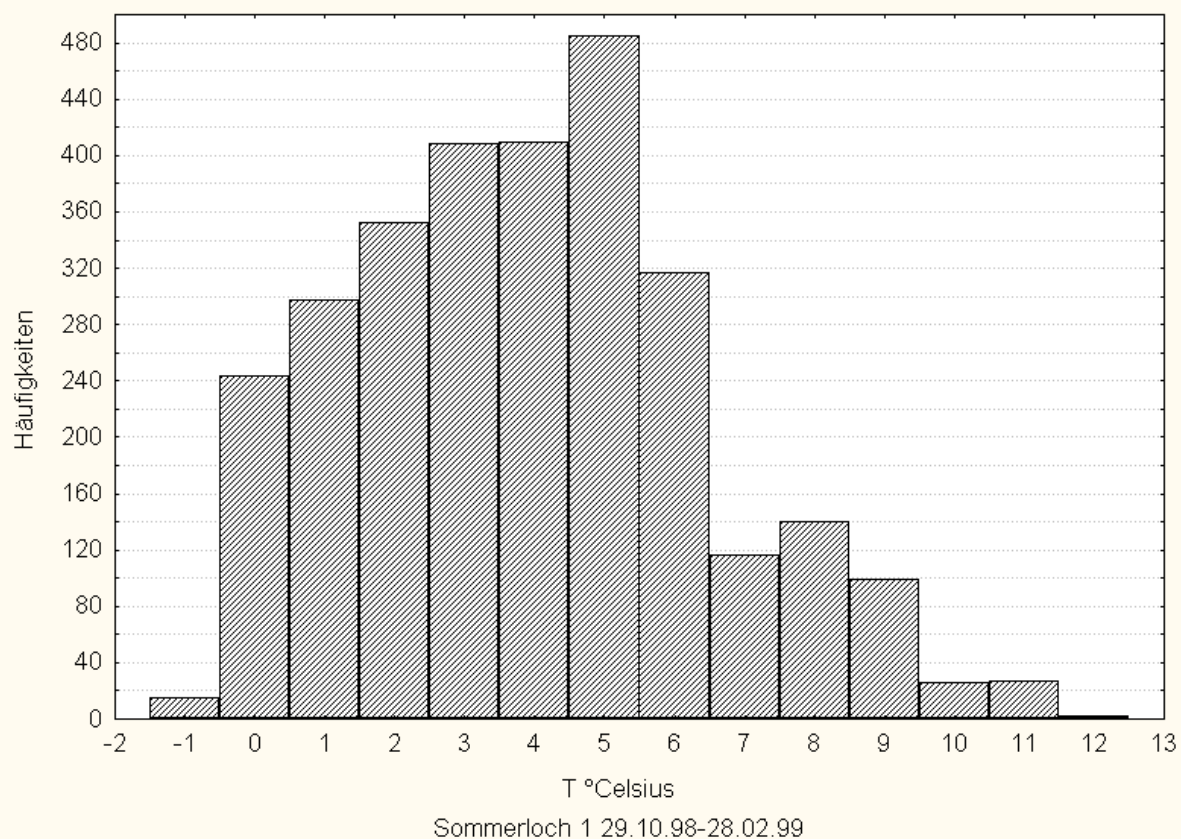


Abb. 43: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 1 während der Hibernationsperiode vom 29.10.98-28.02.99

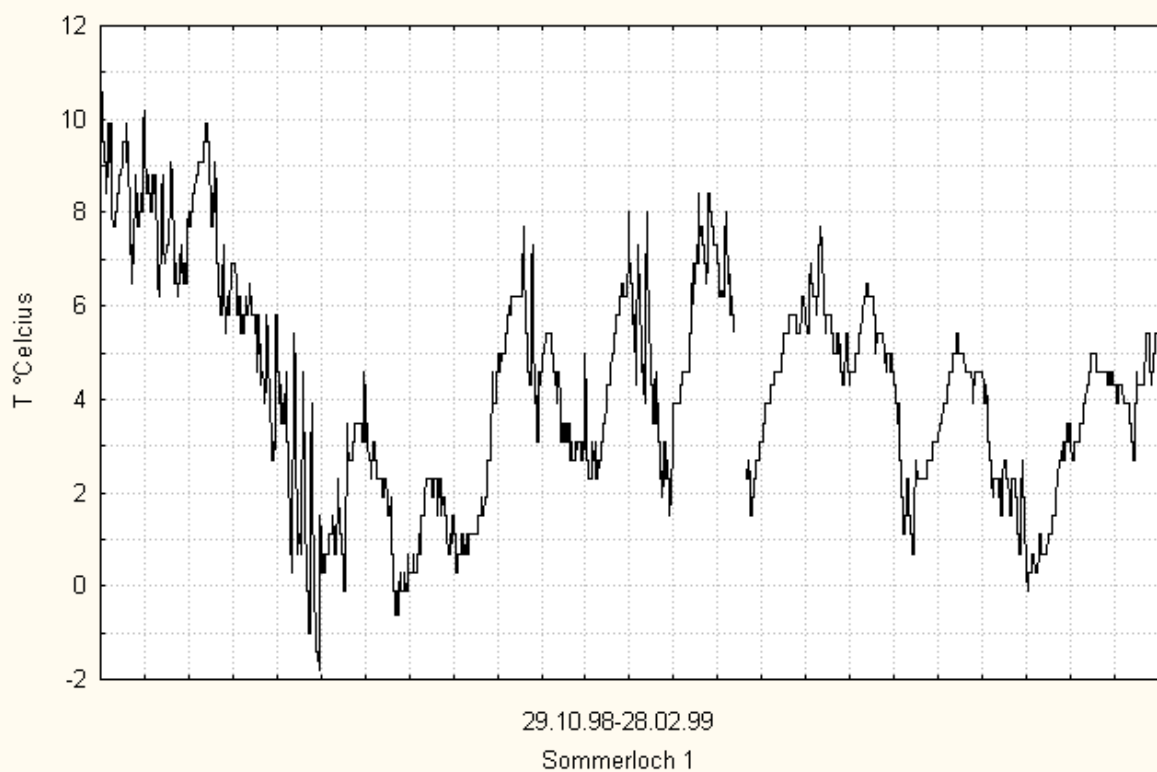


Abb. 44: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999 im Sommerloch 2

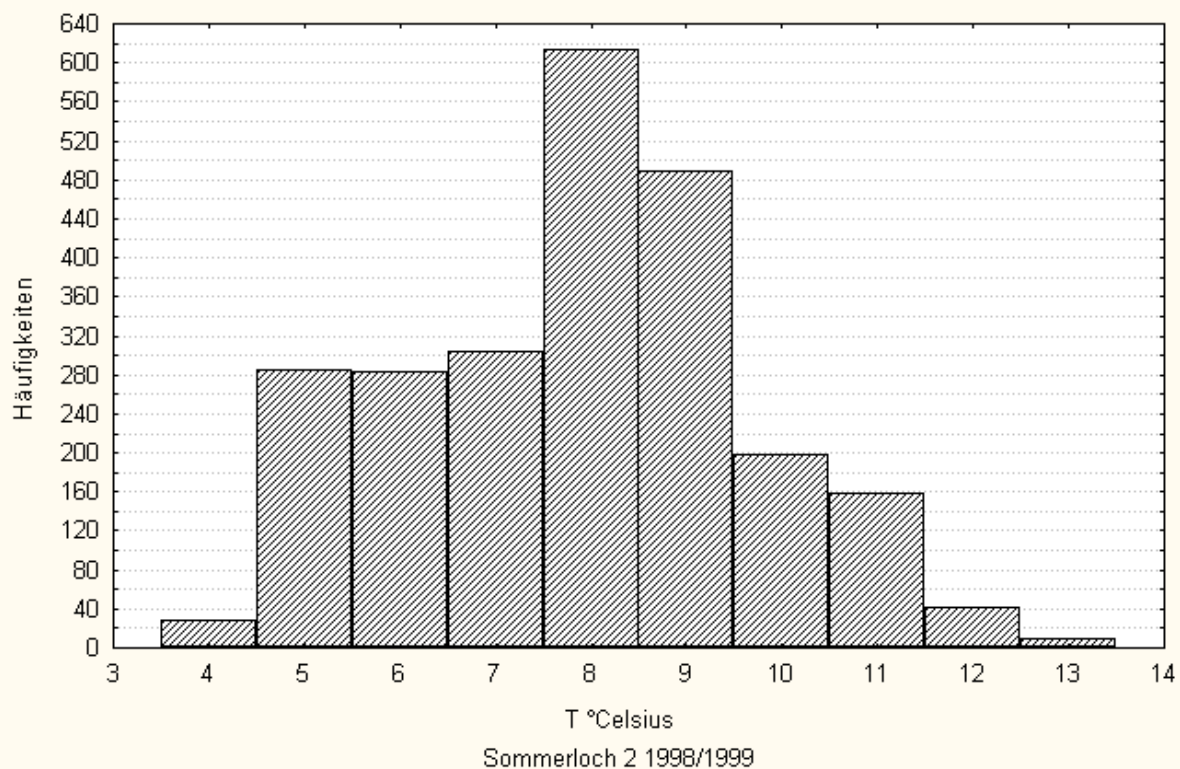


Abb. 45: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 2 während der Hibernationsperiode vom 29.10.98-28.02.99

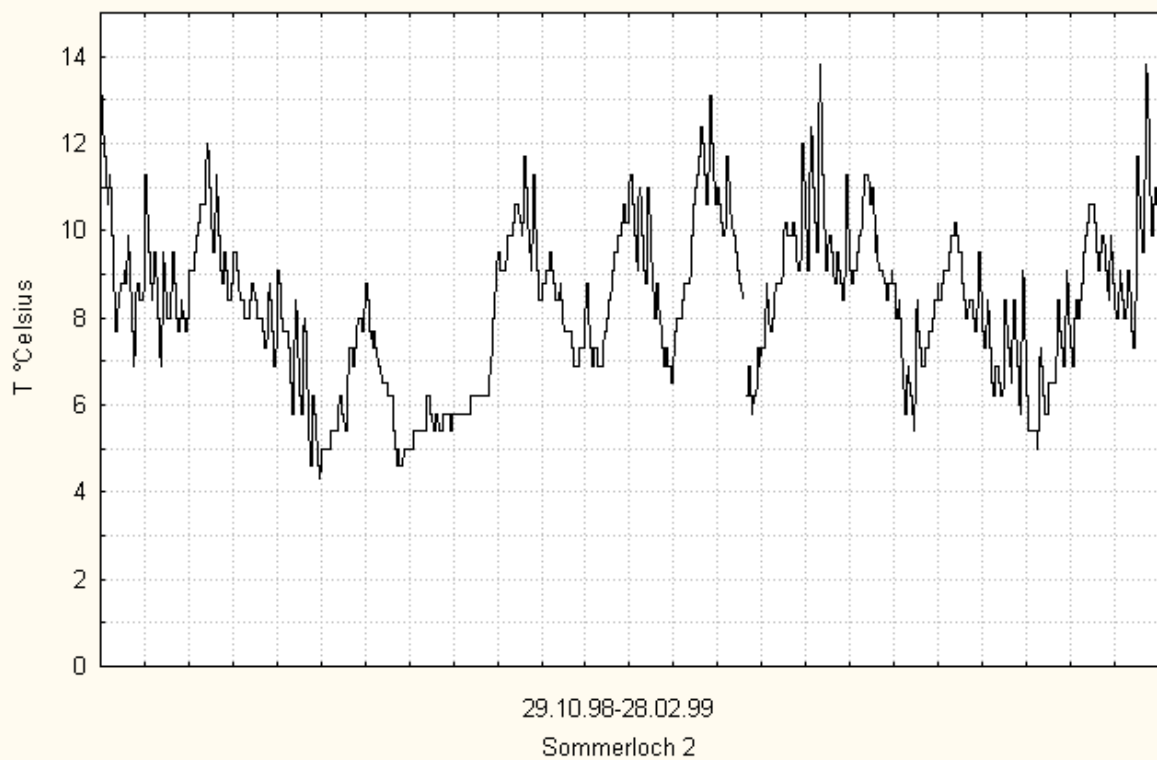


Abb. 46: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1998/1999

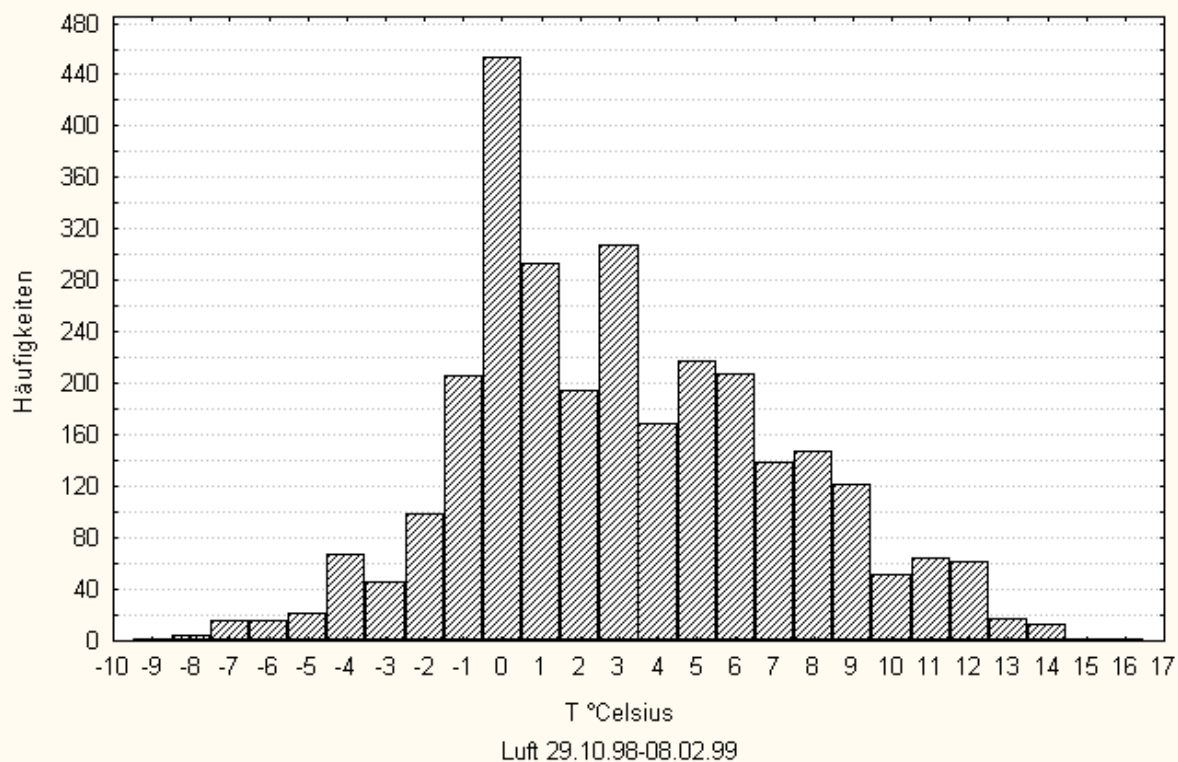


Abb. 47: Verlauf der Lufttemperaturwerte während der Hibernationsperiode vom 29.10.98-28.02.99

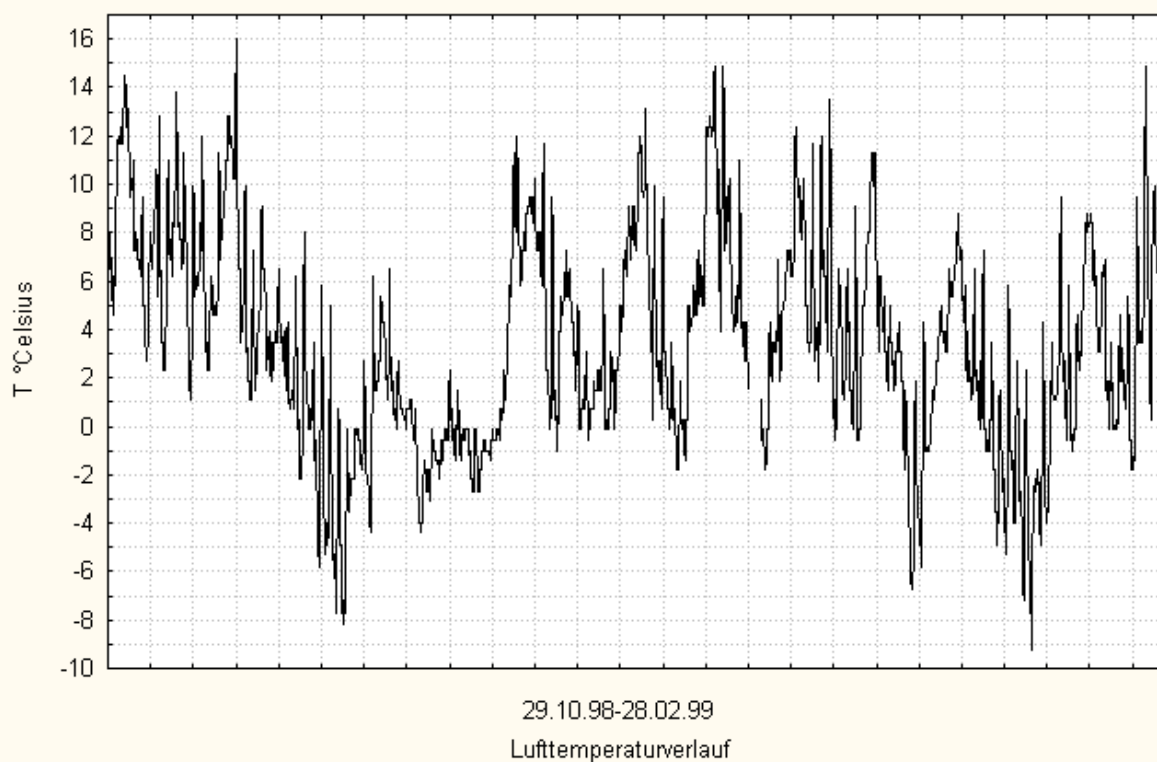


Abb. 48: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von Nr.26 vom 24.10.99-08.02.00

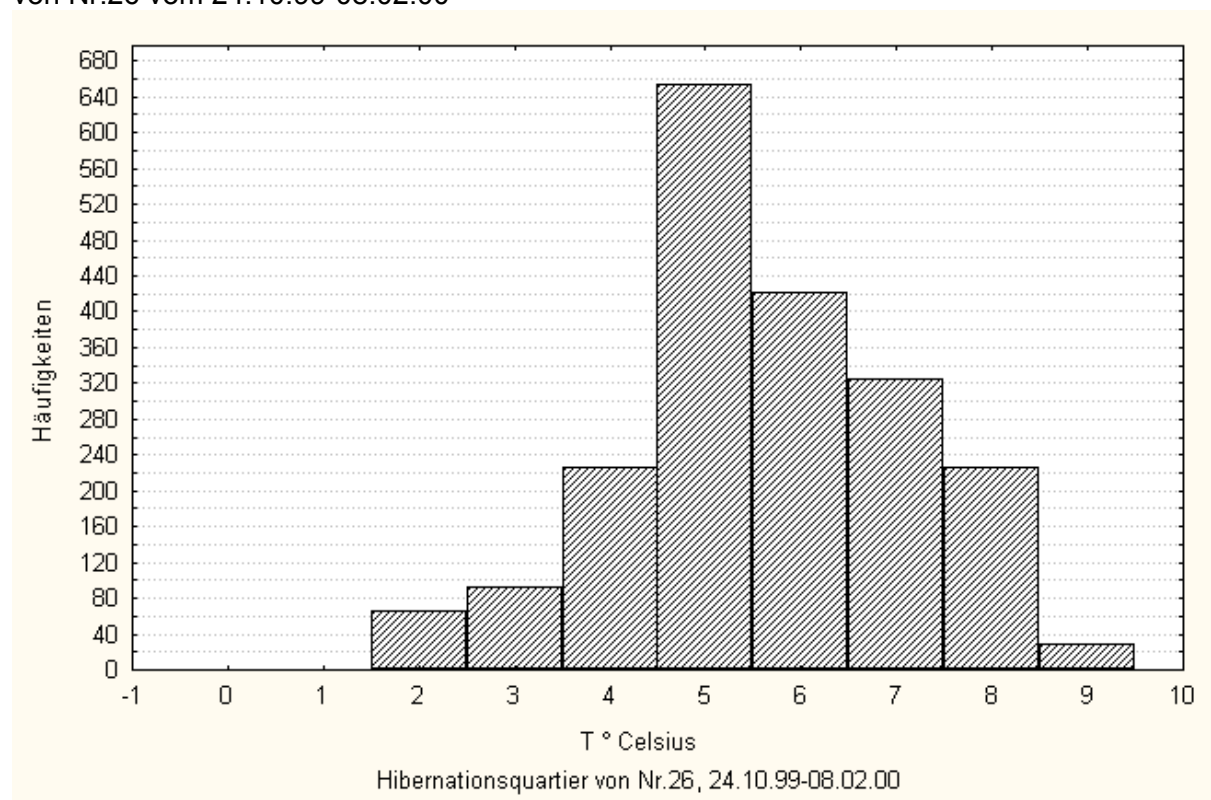


Abb. 49: Verlauf der Temperaturwerte im Hibernationsquartier von Nr.26 vom 24.10.99-08.02.00

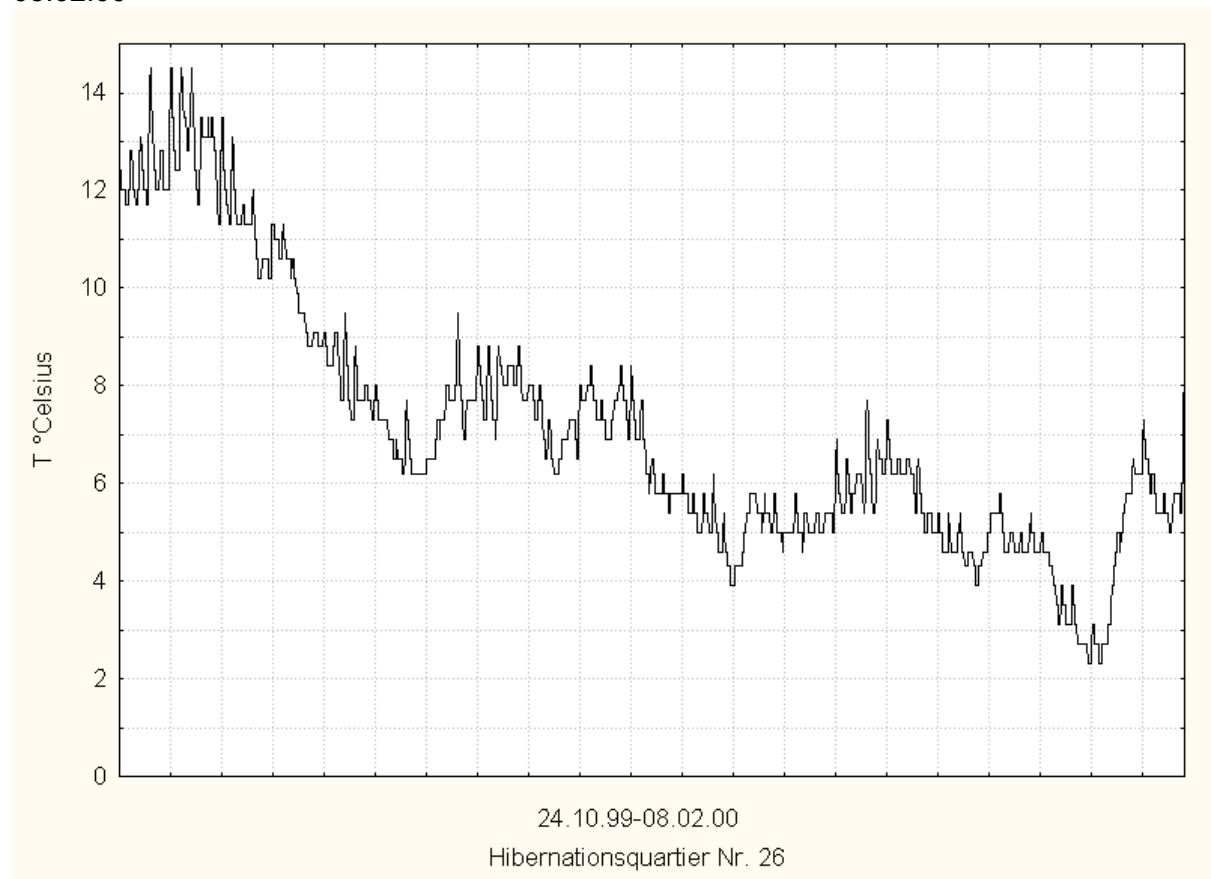


Abb. 50: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von einem Sommerloch 1 vom 12.11.99-08.02.00

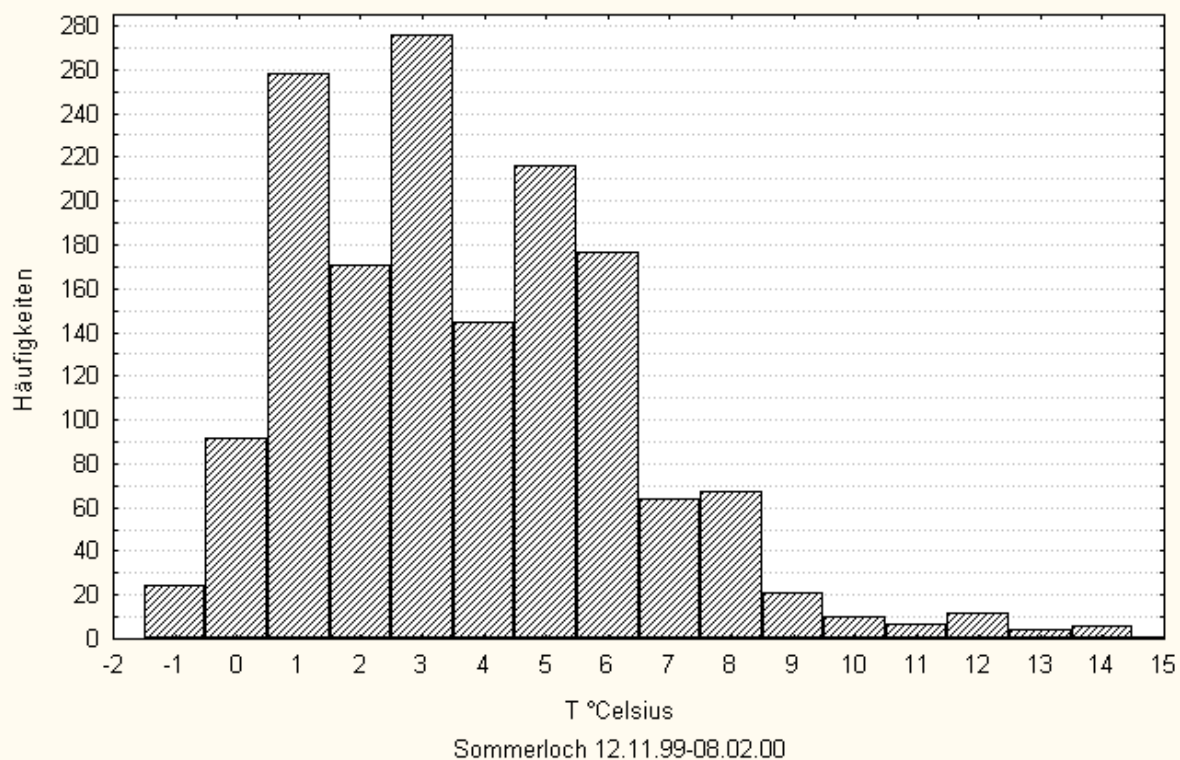


Abb. 51: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 1 vom 12.11.99-08.02.00

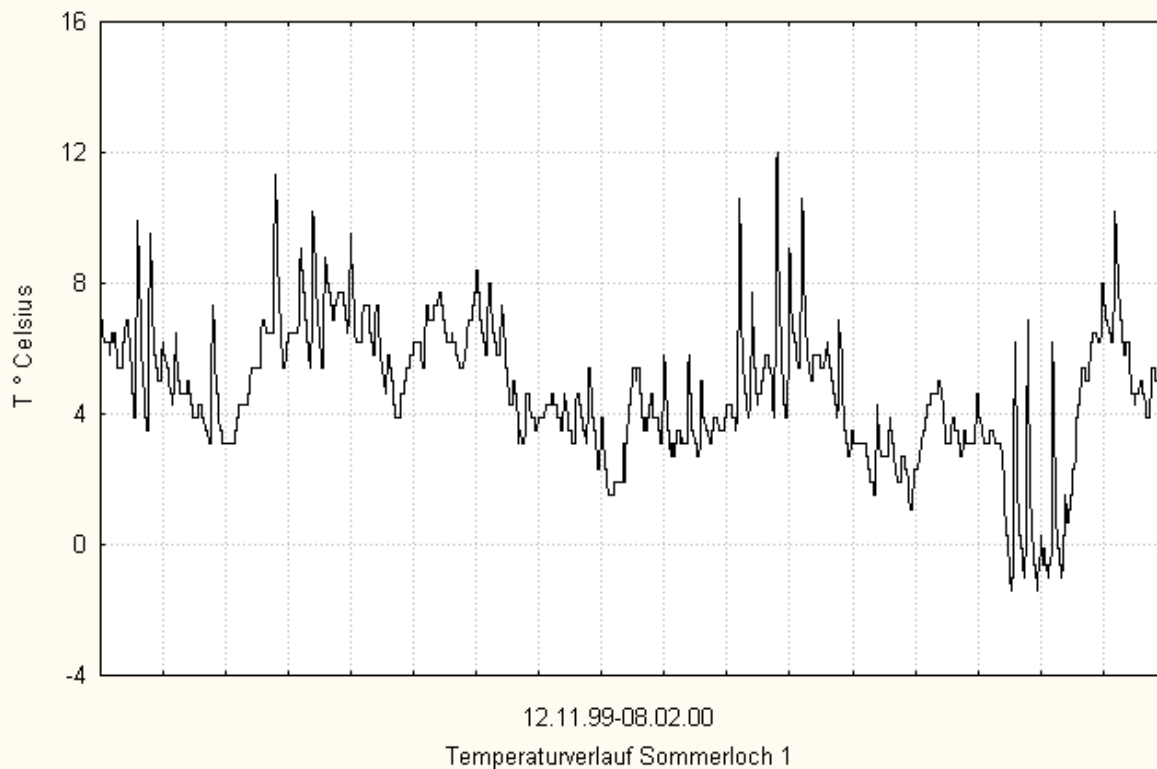


Abb. 52: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von einem Sommerloch 2 vom 12.11.99-08.02.00

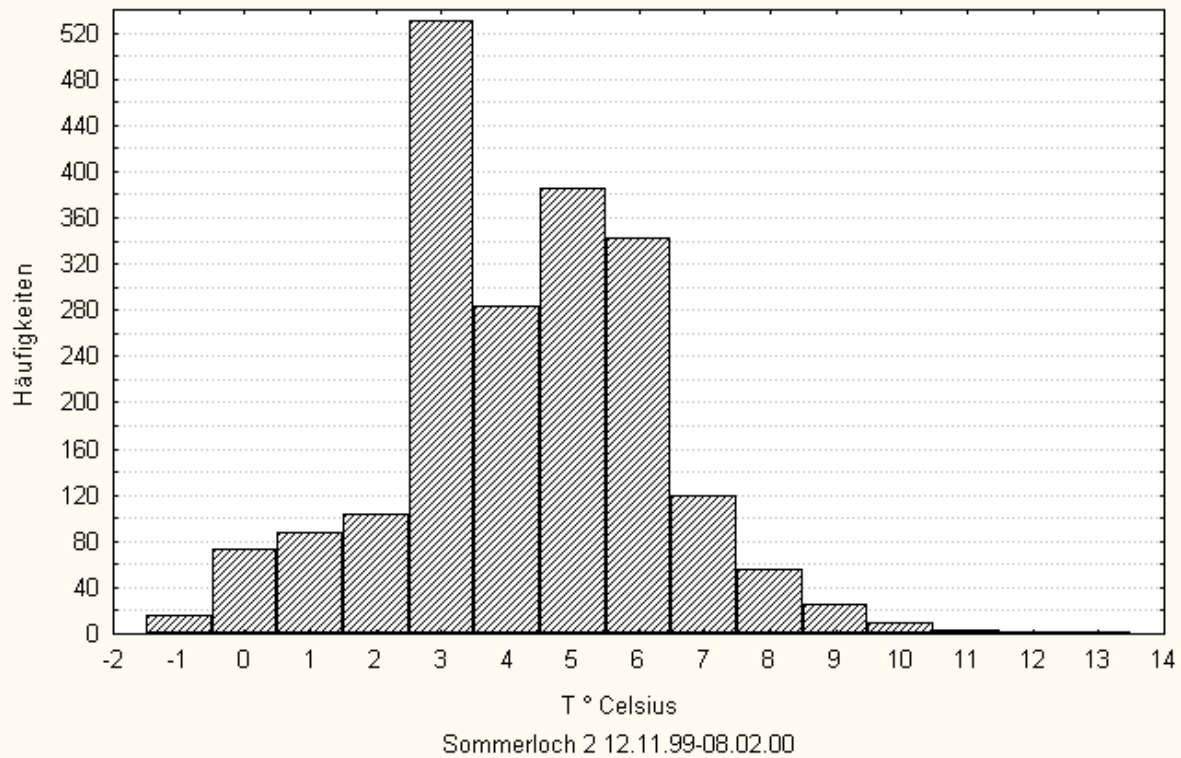


Abb. 53: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch 2 vom 12.11.99-08.02.00

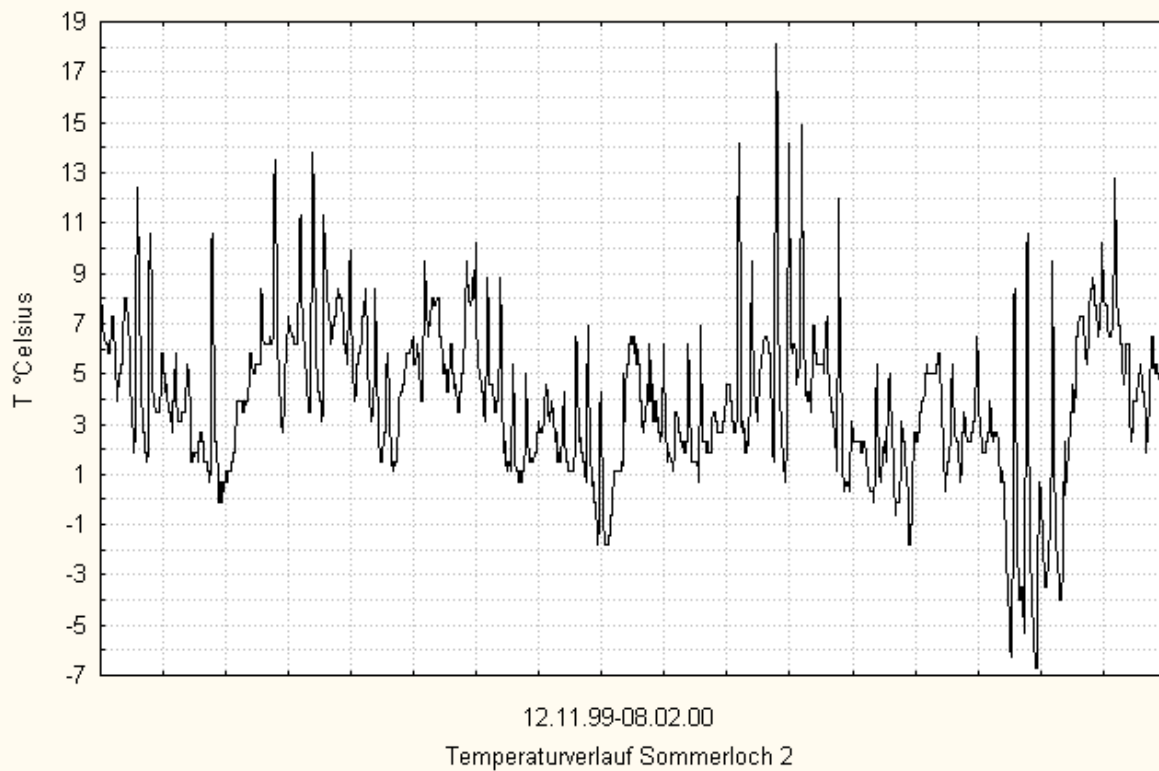


Abb. 54: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einem Gebüsch vom 02.11.99-08.02.00

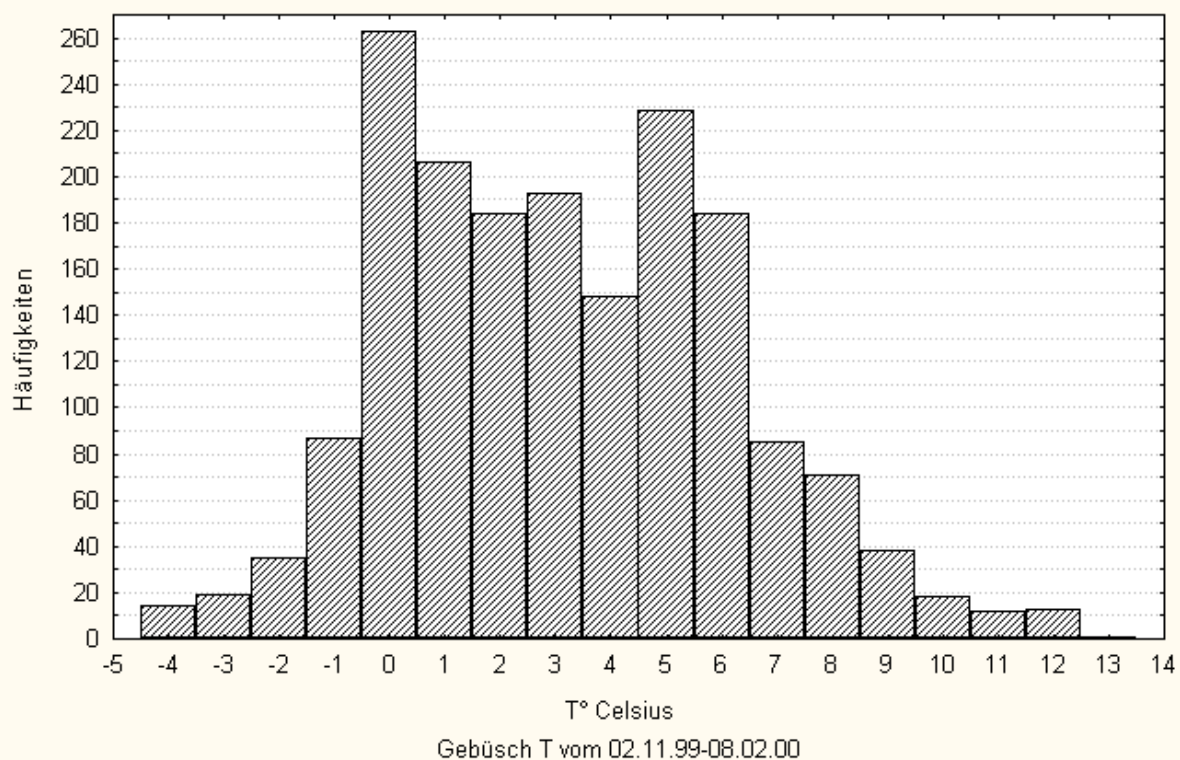


Abb. 55: Verlauf der Temperaturwerte im Gebüsch vom 02.11.99-08.02.00

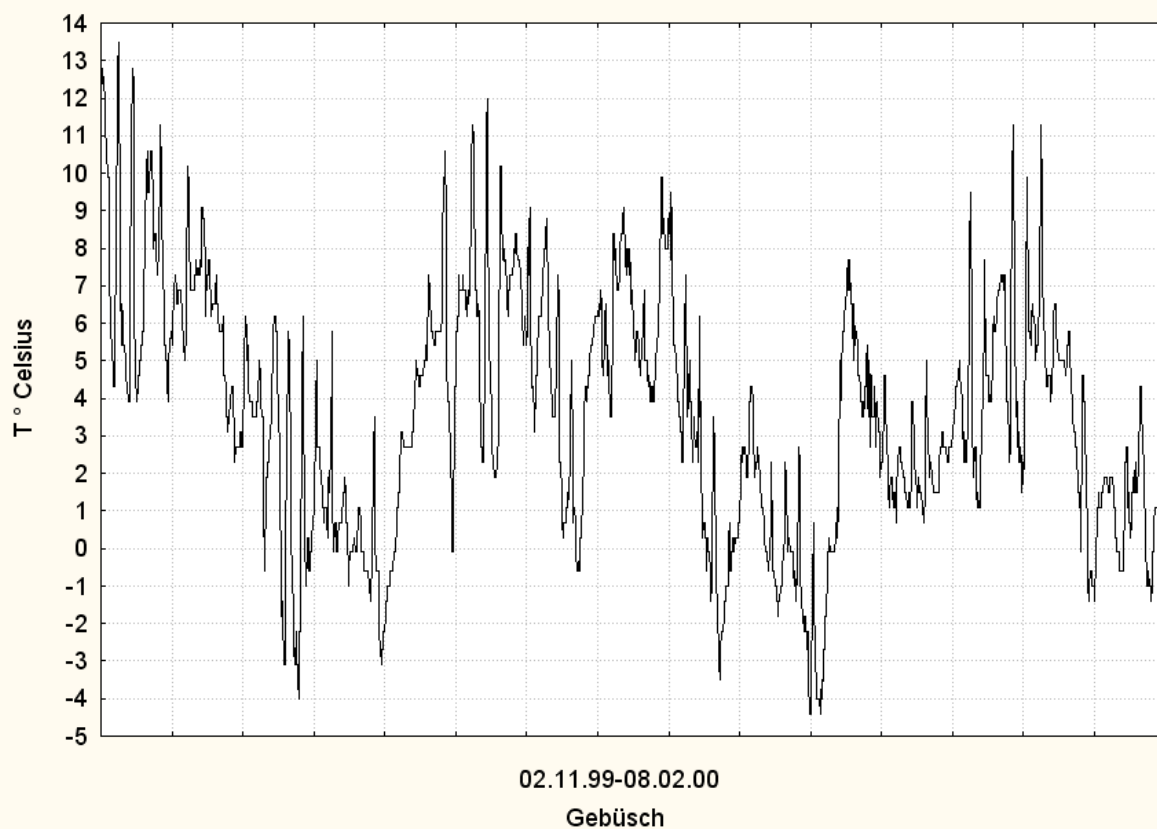


Abb. 56: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einer Wärmestruktur vom 02.11.99-16.01.00

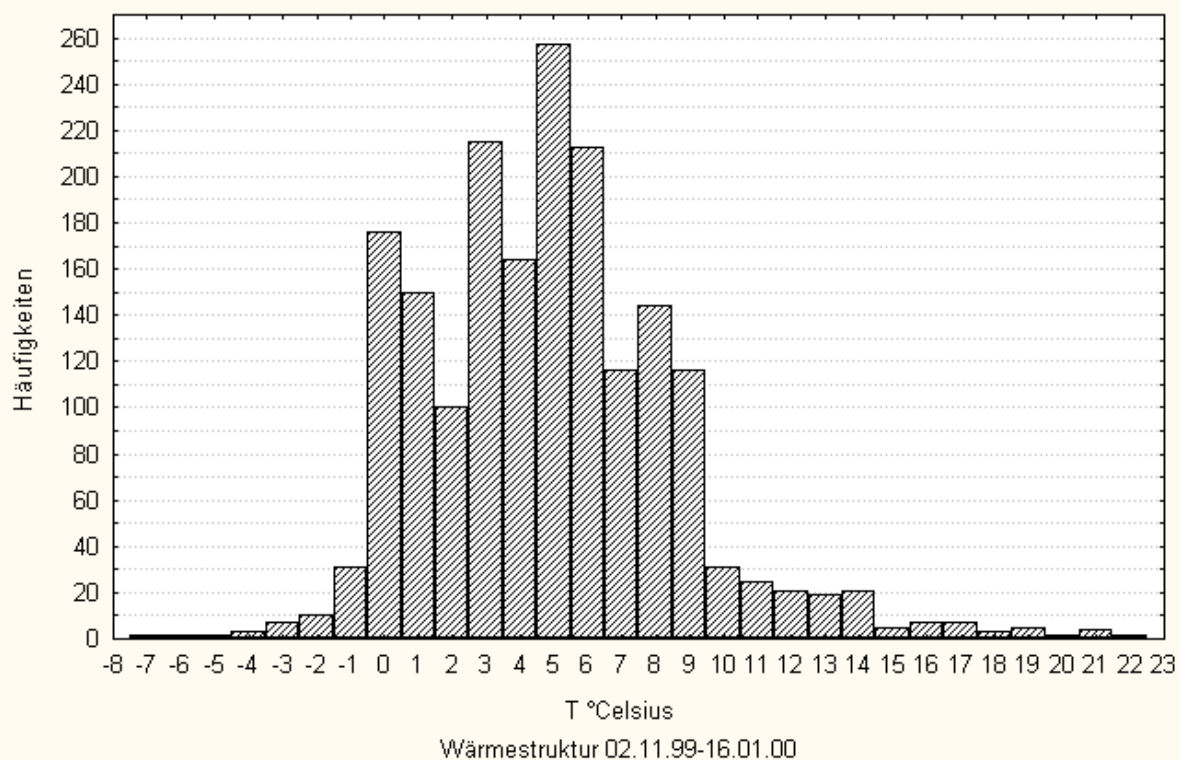


Abb. 57: Verlauf der Temperaturwerte in einer Wärmestruktur vom 02.11.99-16.01.00

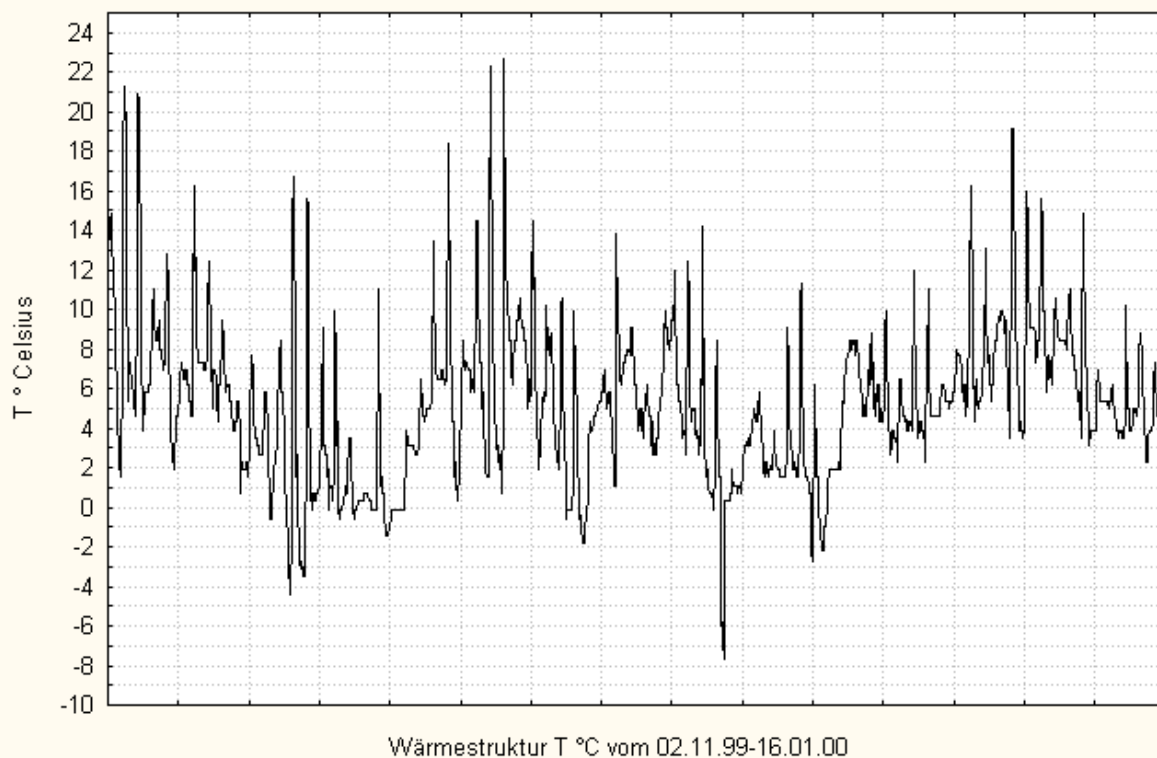


Abb. 58: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 auf dem Plateau der vorderen Hauptterrasse vom 02.11.99-24.12.99

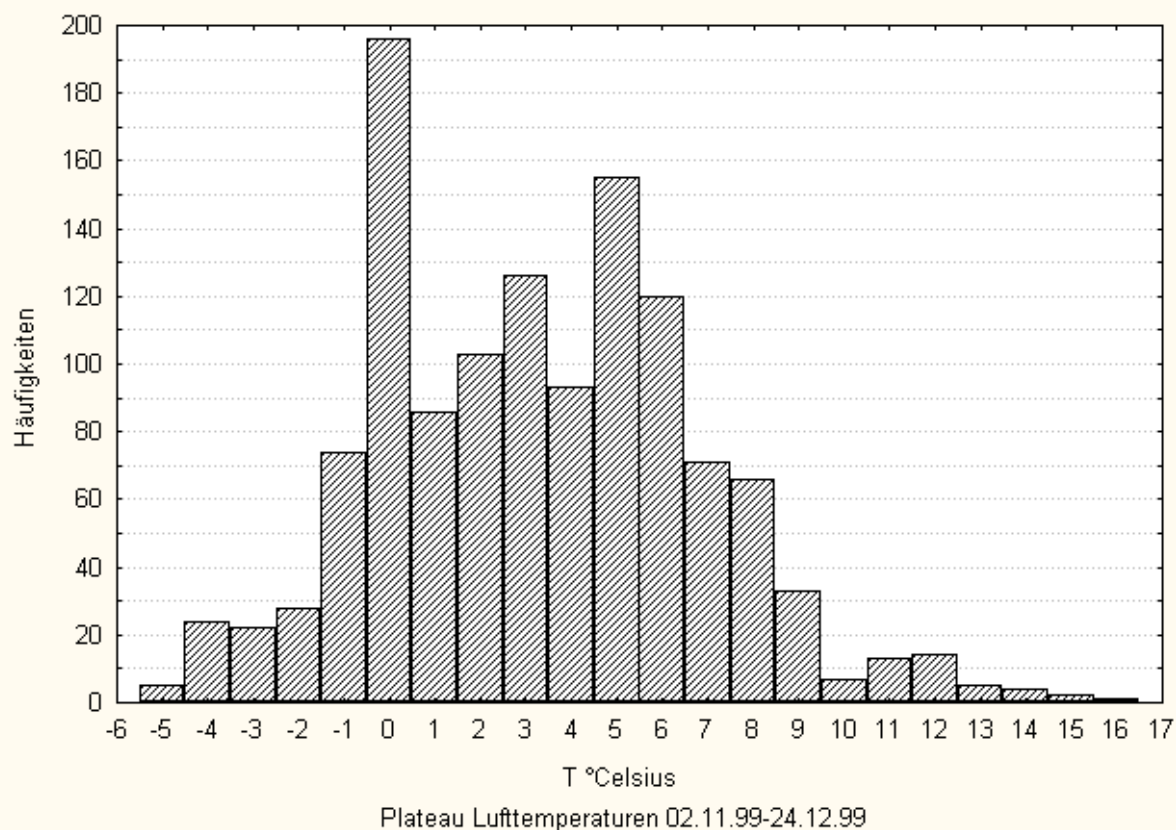


Abb. 59: Verlauf der Temperaturwerte auf dem Plateau der Hauptterrasse vom 02.11.99-24.12.99

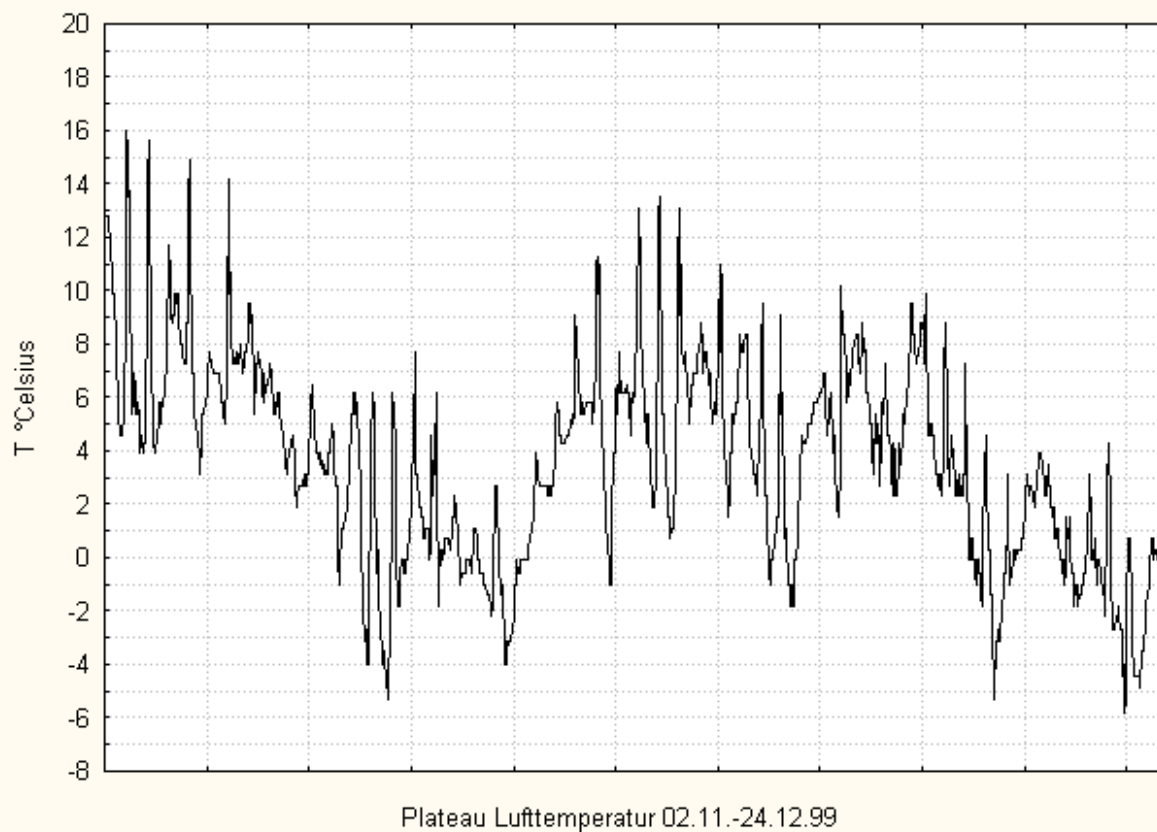


Abb. 60: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 im Steilhang vom 24.10.99-08.02.00

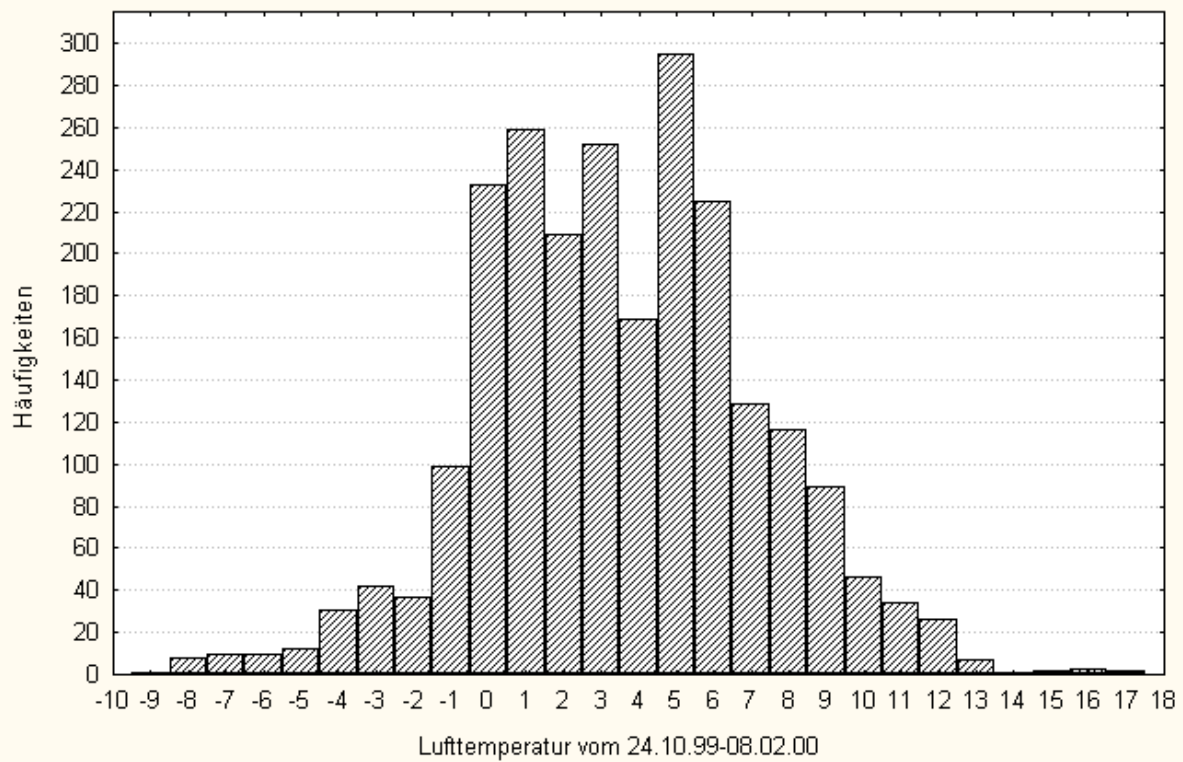


Abb. 61: Verlauf der Temperaturwerte im Steilhang vom 24.10.99-08.02.00

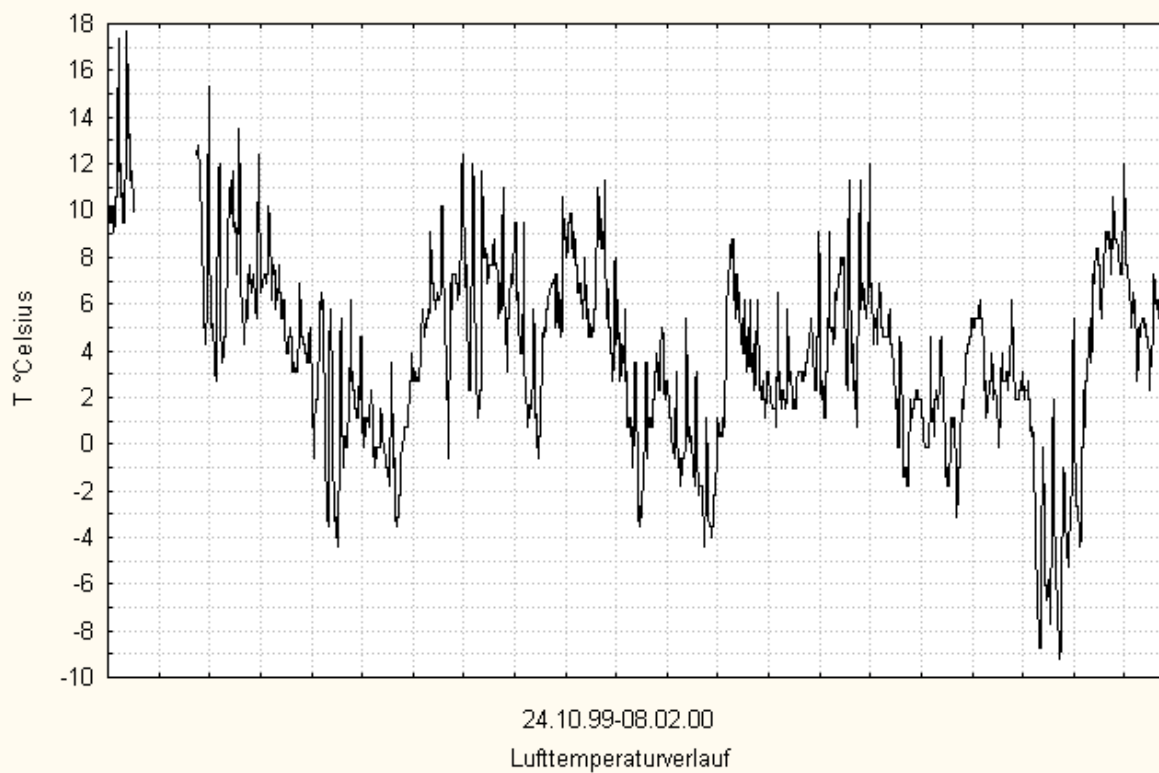


Abb. 62: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 von Nr.26 vom 29.10.99-06.02.01

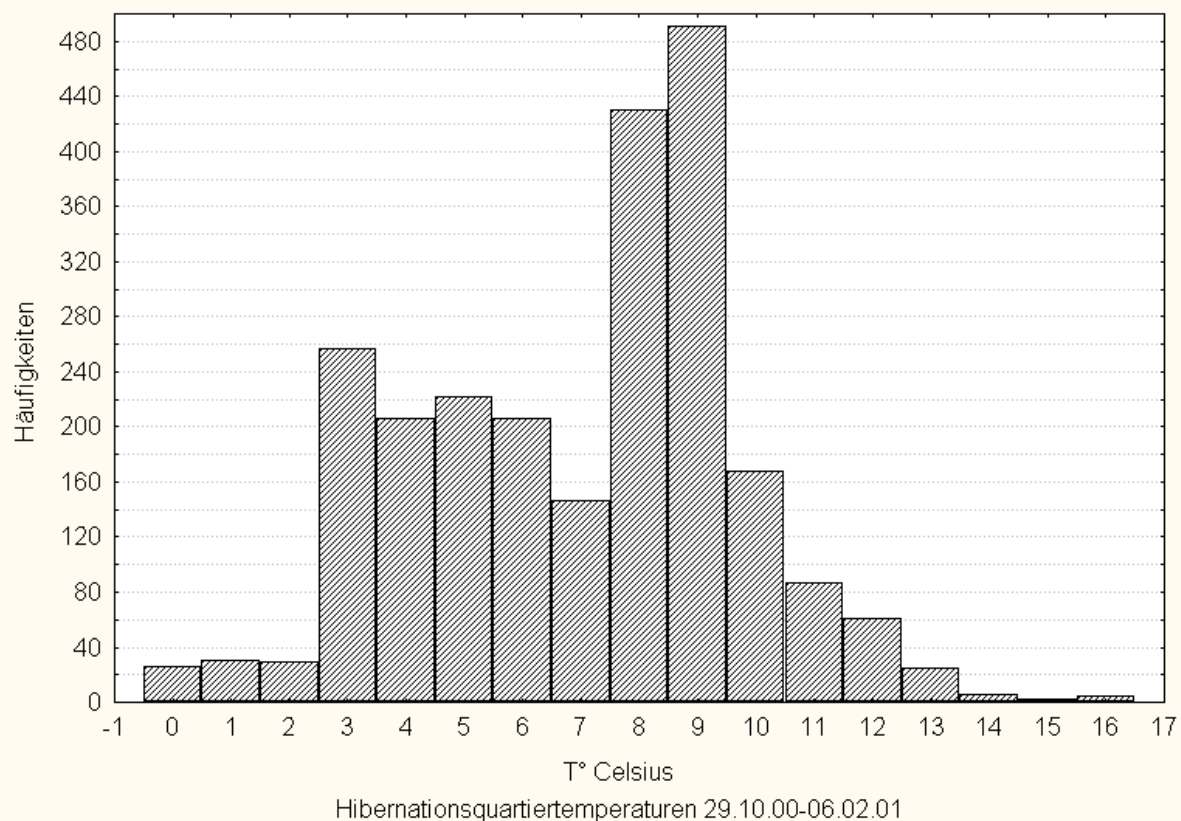


Abb. 63: Verlauf der Temperaturwerte im Hibernationsquartier vom 29.10.00-06.02.01

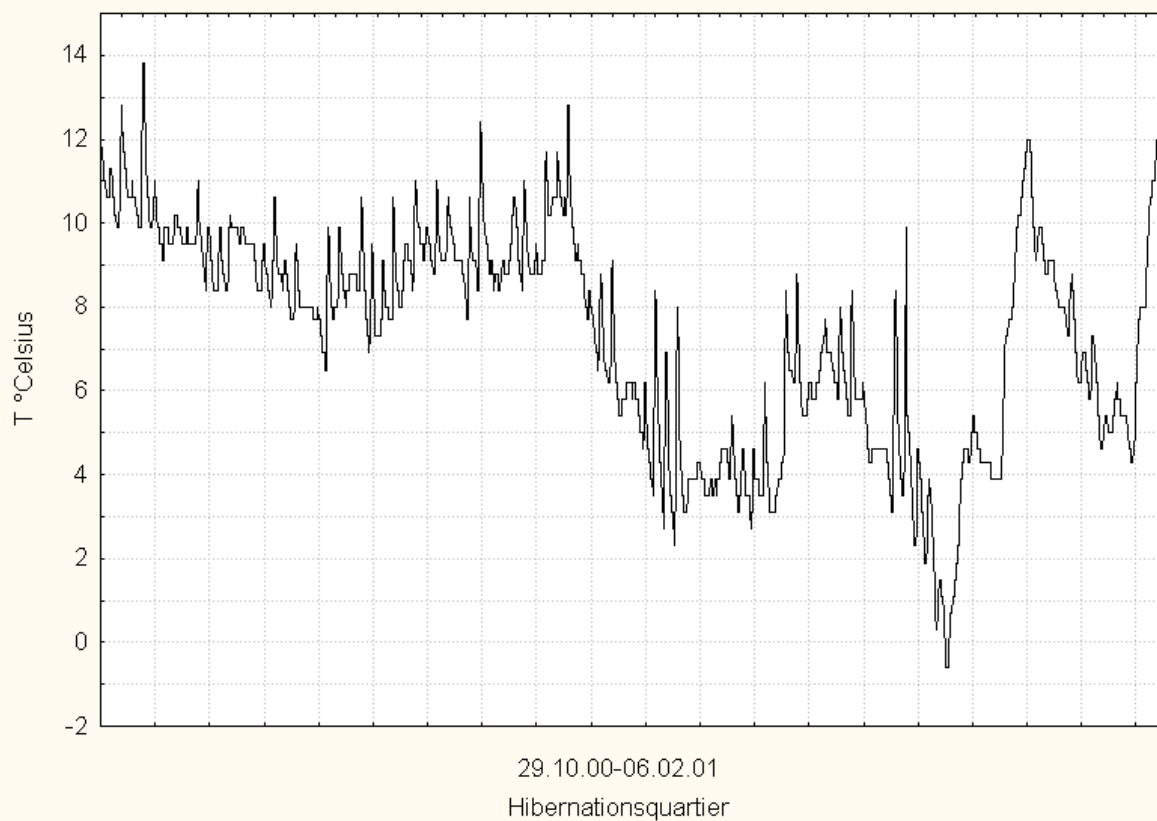


Abb. 64: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einem Sommerloch vom 29.10.99-06.02.01

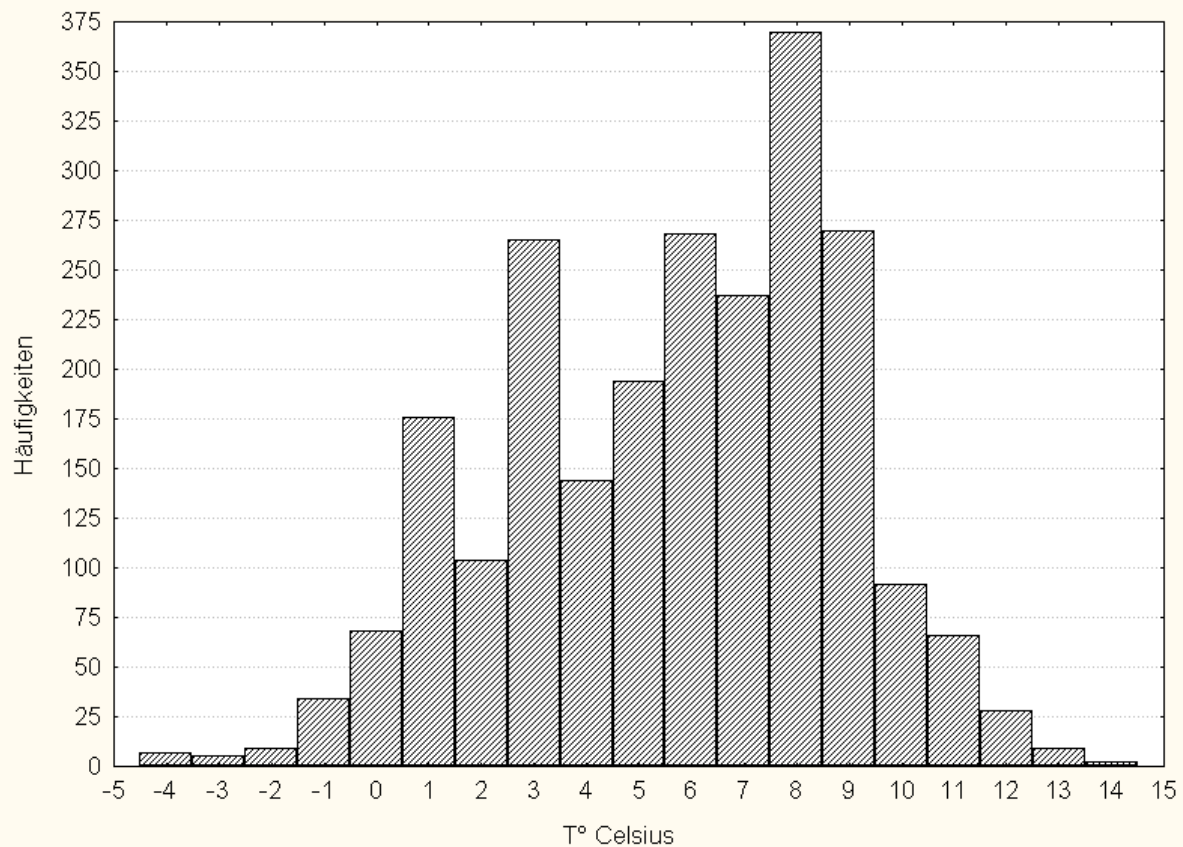


Abb. 65: Verlauf der Temperaturwerte im Sommerloch vom 29.10.00-06.02.01

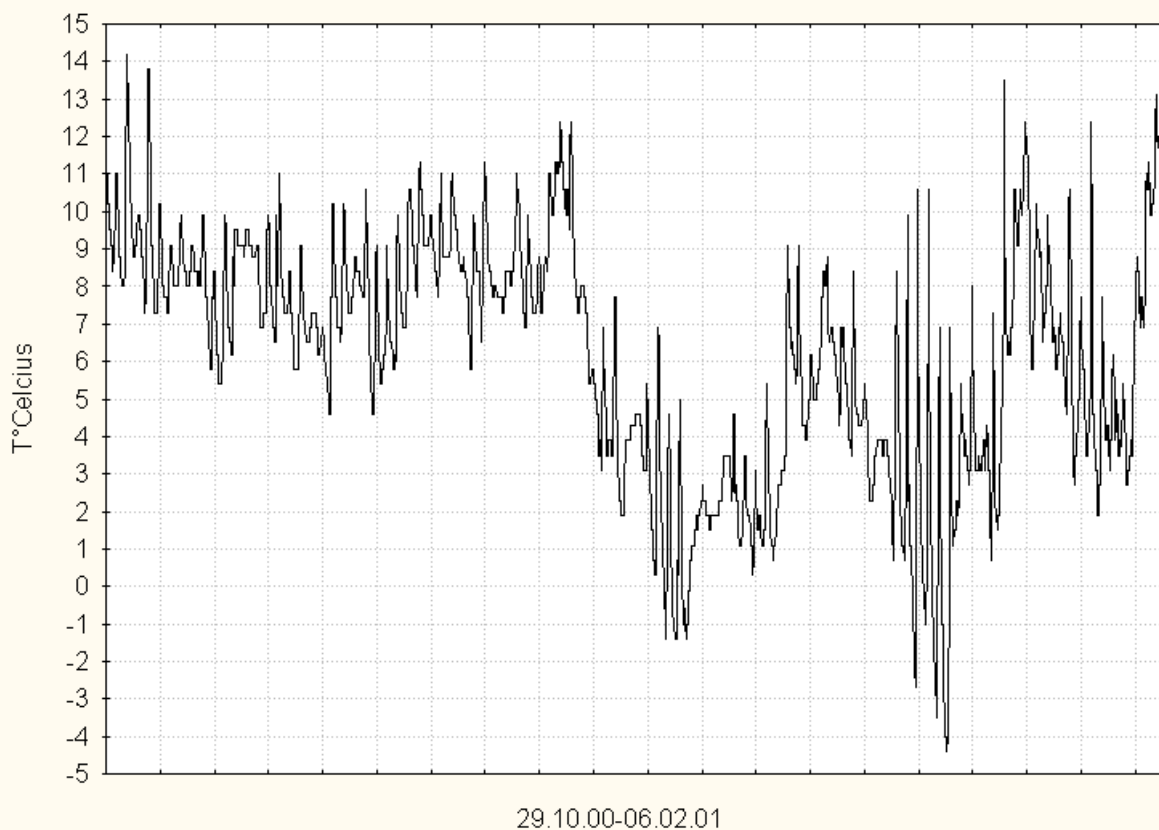


Abb. 66: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in einer Mauer 80cm tief vom 29.10.00-13.01.01

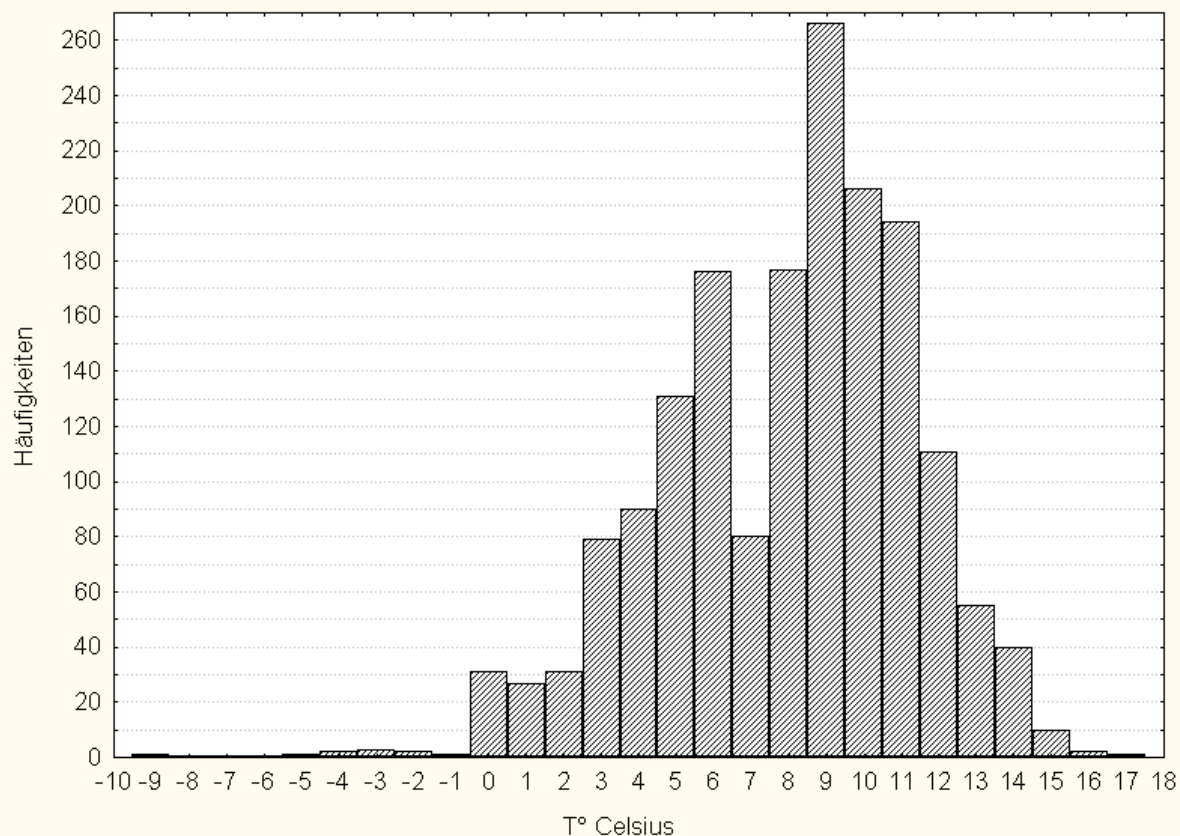


Abb. 67: Verlauf der Temperaturwerte in einer Mauer 80cm tief vom 29.10.00-06.02.01

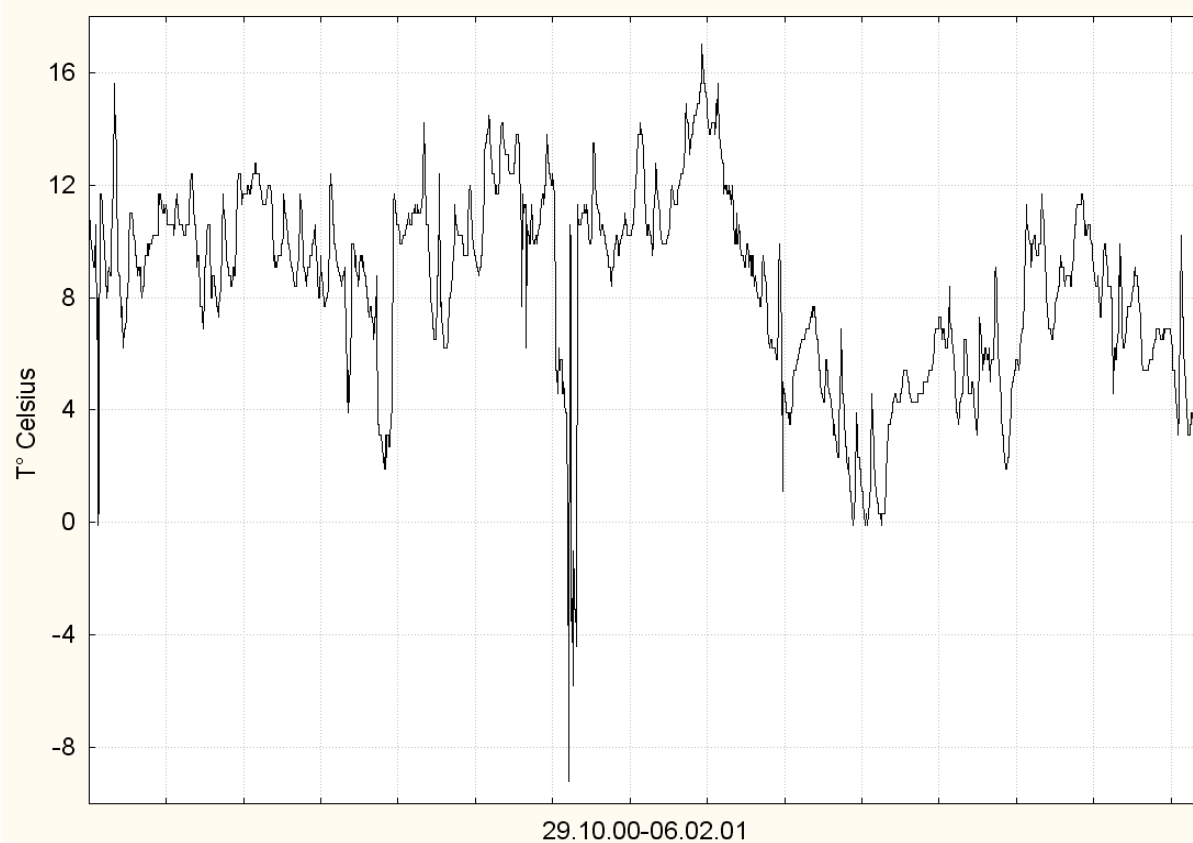


Abb. 68: Häufigkeitsverteilung der Temperaturwerte in der Hibernationsperiode 1999/2000 in der Luft vom 29.10.00-06.02.01

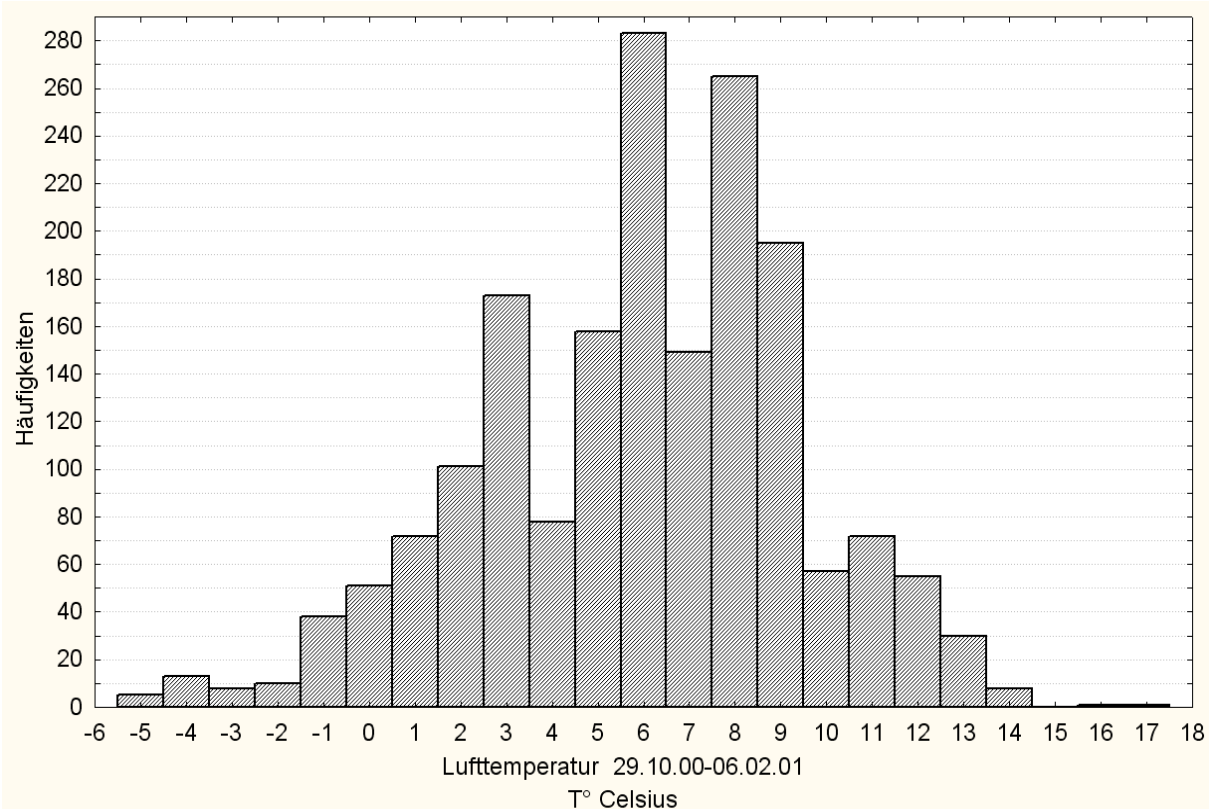
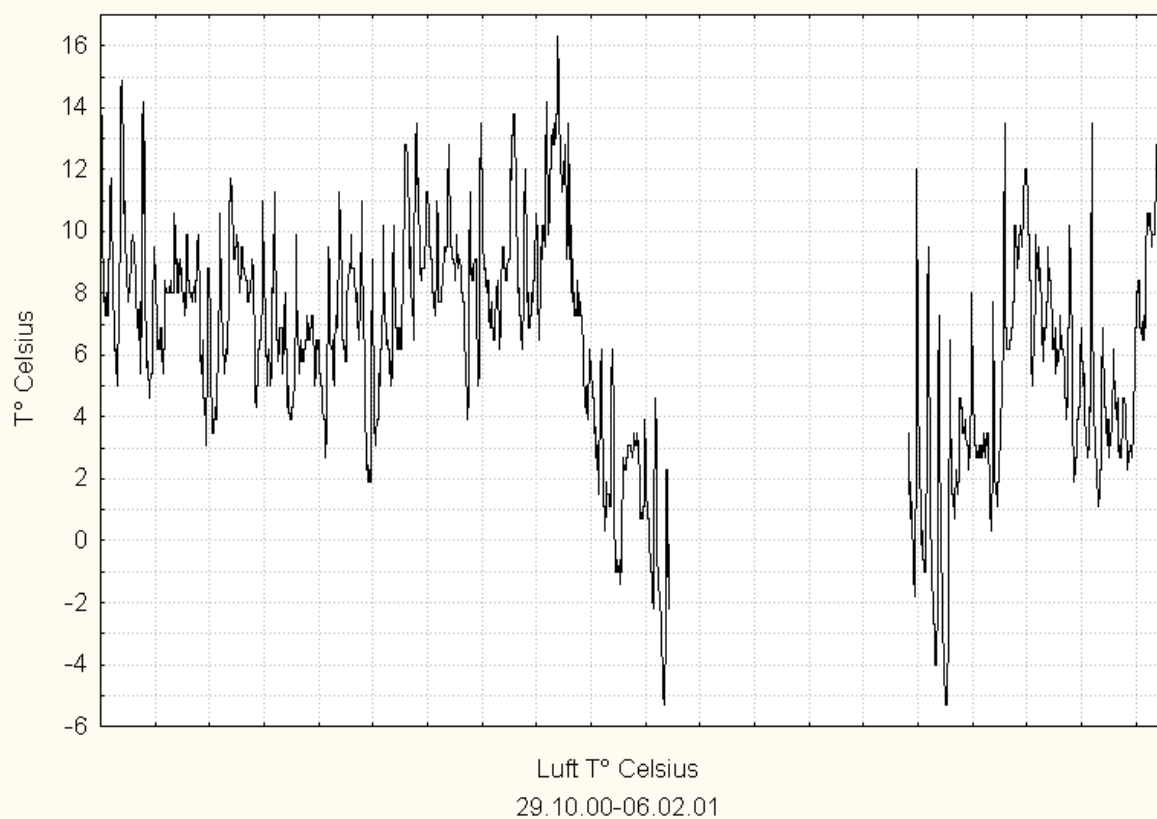


Abb. 69: Verlauf der Temperaturwerte in der Luft vom 29.10.00-06.02.01



Tab. 2: Zusammenfassende deskriptive Statistik aller männlichen und weiblichen Tiere, deren Raumnutzung untersucht wurde

	Nr.	KR	G	Gewicht ₁₎	Telemetrie Zeitraum	Teleme- trie Länge (Tage)	AK m ²	Anz. Homerange	Σ H. m ²	Ektoparasiten
	3 ♂	12	33,5	45,4	22.6-20.9	104	2240	11	1130	1
	4 ♂	10,5	24,5	33,5	1.7-17.7.	17	1770	2	158	2
	5 ♂	10,5	24,5	33,5	29.6-23.10	61	3680	5	710	2
	6 ♂	11,5	32,5	46,4	6.7-7.10	74	5640	7	790	1
	7 ♀	11	32,5	31,4	13.7-25.10	63	1740	11	610	1
	8 ♂	9,8	27,2	29	15.8-22.10	67	2900	6	610	1
	9 ♂	12,6	32,3	48	15.8-22.10	67	2480	8	470	1
	10 ♂	12,6	32,3	48,5	23.8-3.10	51	2080	5	118	1
	11 ♂	11,5	26	56,1	7.9-15.10	43	870	3	93	1
	12 ♂	11,2	27,2	47,1	16.9-15.10	34	850	2	260	1
1997	8 ♂	/	/	52,9	11.9-17.10	37	590	2	330	0
	10 ♂	/	/	46,1	26.8-4.10	40	1300	4	530	0
	13 ♂	11,4	26,2	55,6	24.8-3.10	41	2710	3	1340	1
	15 ♂	12	34,5	61,2	4.9-4.10	30	820	2	590	1
	16 ♀	12,3	34,6	50,0	06.9-17.10	59	700	3	230	1
	17 ♀	11,6	23,9	43,9	14.9-17.10	34	1230	3	102	1
1998	5 ♂	11,6	21,5	49,3	13.5-28.5	16	1000	2	800	3
	6 ♂	11,5	25	50,6	4.5-13.6	41	5910	4	2610	1
	11 ♂	11,6	27,8	41,5	4.5-21.9	141	3570	7	1900	1
	17 ♀	11,6	33,7	46,3	20.6-7.10	110	3730	3	1570	3
	18 ♀	10	27,8	24,9	4.5-25.9	117	3700	5	1426	1
	19 ♂	11,3	29,9	47	9.5-20.9	133	3200	4	2460	2
	20 ♀	11,4	30,1	51,7	9.5-27.6	51	3930	3	1490	1
	21 ♀	11,9	33	55	15.5-21.6	38	6930	3	350	2
	22 ♀	11,8	25,2	55,1	15.5-6.6	22	2600	4	1160	2
	26 ♂	9,2	11,2	23,2	26.5-5.7	41	2420	4	1020	3
	24 ♀	12,4	23,7	35	26.5-11.6	17	3550	3	1290	1
1999	30 ♀	11,7	24,7	26	5.7-31.8	58	4030	4	1390	2
	11 ♂	11,6	23,9	36,9	7.5-8.8	94	3570	6	2790	0
	12 ♂	11,6	25,6	42,7	9.5-30.5	23	3000	2	300	1
	18 ♀	10,6	25,4	25,5	25.5-13.7	50	1090	1	510	2
	20 ♀	11,5	29,3	36	27.4-19.6	54	5760	3	800	1
	26 ♂	10,2	19,2	36	7.5-26.10	143	6970	5	4140	1
	46 ♀	11	31,2	45	15.6-11.8	58	5640	3	1170	2

Grau markierte Tiere: über mindestens zwei Jahre im Untersuchungsgebiet nachgewiesen

Tab. 3: Zusammenfassende deskriptive Statistik aller männlichen Tiere (incl. mehrfach telemetriert Tiere)

	N	Median	Minimum	Maximum	Varianz
KR	36	11,5	9,2	12,6	1
Ges L	36	27,5	11,2	34,6	24
Gew	36	45,2	23,2	61,2	100
Tele Tage	36	50,5	16,	143,0	1206
AK m ²	36	2950,0	590,	11280,0	6749073
Anz H	36	4,0	1,0	13,0	7
H m ²	36	795,0	93,0	4140,0	1055811
Zecken	36	1	0	3	1

Tab. 4: Verteilung der Mikrohabitatstrukturen in den Aktionsräumen der Männchen (m², gerundete Werte)

	N. Gestrüpp	Offene Fläche	Fels	H. Gestrüpp	Heide
Nr. 2, 96*	3540	810	320	5500	0
Nr. 3, 96*	690	240	410	250	660
Nr. 4, 96*	1670	0	100	0	0
Nr. 5, 96*	1840	510	370	970	0
Nr. 6, 96*	1120	1480	330	970	0
Nr. 8, 96*	1530	530	370	480	0
Nr. 9, 96*	1110	340	320	410	0
Nr. 10, 96*	1560	150	270	80	0
Nr. 11, 96*	190	0	300	360	20
Nr. 12, 96*	340	250	140	80	0
Nr. 8, 97	220	170	170	30	0
Nr. 10, 97	660	590	0	20	0
Nr. 13, 97	1100	230	260	1120	0
Nr. 15, 97	420	120	110	150	20
Nr. 5, 98	310	240	150	280	20
Nr. 6, 98	290	300	870	2700	750
Nr. 11, 98	730	210	410	1520	700
Nr. 19, 98	550	400	500	1230	520
Nr. 26, 98	540	160	300	100	490
Nr. 11, 99	710	360	660	990	850
Nr. 12, 99	870	240	210	1680	0
Nr. 26, 99	930	1460	810	2800	970

* Neu ausgewertete Daten von Tieren die im Rahmen einer Diplomarbeit telemetriert wurden

Tab. 5: Verteilung der Mikrohabitatstrukturen in den Aktionsräumen der Weibchen (m²), gerundete Werte)

	N. Gestrüpp	Offene Fläche	Fels	H. Gestrüpp	Heide
Nr. 7, 96*	810	310	190	430	0
Nr. 16, 97	230	180	210	80	0
Nr.17, 97	290	200	280	460	0
Nr.17, 98	1800	600	460	870	0
Nr.18, 98	1280	430	200	1790	0
Nr.20, 98	580	500	450	2290	110
Nr.21, 98	2910	1100	720	2200	0
Nr.22, 98	1050	420	310	820	0
Nr.24, 98	2420	/	250	830	50
Nr.30, 98	1340	310	400	1980	0
Nr.18, 99	230	280	100	480	0
Nr.20, 99	1550	600	960	2600	50
Nr.46, 99	1020	1300	520	1900	900

* Neu ausgewertete Daten von Tieren die im Rahmen einer Diplomarbeit telemetriert wurden

Tab. 6: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatstrukturnutzung von Männchen und Weibchen auf der Ebene der Aktionsräume

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p-Niveau	Z korrr.	p	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*eins.e xakt p
N. Gestrüpp	371,50	223,50	132,50	0,14	0,88	0,14	0,88	21	13	0,88
Offen	425,50	169,50	78,50	2,05	>0,05	2,05	>0,05	21	13	>0,05
Fels	412,00	183,00	92,00	1,57	0,11	1,58	0,11	21	13	0,11
H. Gestrüpp	320,50	274,50	89,50	-1,66	0,09	-1,66	0,09	21	13	0,09
Heide	410,00	185,00	94,00	1,50	0,13	1,65	0,09	21	13	0,13

Tab. 7: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatstrukturnutzung von Männchen und Weibchen auf der Ebene der Homeranges , signifikante p Niveaus hervorgehoben

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p-Niveau	Z korrr.	p	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*eins exakt p
N. Gestrüpp	6836,0	3034,0	1953,0	0,92	0,35	0,93	0,35	94	46	0,35
Offen	5971,0	3899,0	1506,0	-2,91	>0,01	-3,33	>0,001	94	46	>0,01
Fels	6419,0	3451,0	1954,0	-0,92	0,35	-0,95	0,33	94	46	0,35
H. Gestrüpp	6326,5	3543,5	1861,5	-1,33	0,18	-1,37	0,16	94	46	0,18
Heide	7009,50	2860,5	1779,5	1,69	0,08	2,25	0,02	94	46	0,08

Tab. 8: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatnutzung zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homerange der Männchen

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p-Niveau	Z kor.	p- Niveau	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*eins. exakt p
N. Gestrüpp	916,0	5754,0	685,0	-2,18	>0,05	-2,20	>0,05	21	94	>0,05
Offen	1904,5	4765,5	300,5	4,96	>0,001	5,61	>0,001	21	94	>0,001
Fels	1777,0	4893,0	428,0	4,04	>0,001	4,54	>0,001	21	94	>0,001
H. Gestrüpp	1615,0	5055,0	590,0	2,87	>0,01	2,95	>0,01	21	94	>0,01
Heide	1370,0	5300,0	835,0	1,10	0,27	1,30	0,19	21	94	0,27

Tab. 9: M-W U Test; Vergleich der Mikrohabitatnutzung zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homerange der Weibchen

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p-Niveau	Z kor.	p-Niveau	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*eins. exakt p
N. Gestrüpp	291,00	1479,0	200,00	-1,81	0,07	-1,81	0,07	13	46	0,07
Offen	445,00	1325,0	244,00	1,00	0,31	1,02	0,30	13	46	0,32
Fels	426,00	1344,0	263,00	0,65	0,51	0,66	0,50	13	46	0,52
H. Gestrüpp	560,50	1209,5	128,50	3,11	>0,01	3,13	>0,001	13	46	>0,01
Heide	433,00	1337,0	256,00	0,78	0,43	1,20	0,22	13	46	0,44

Tab. 10: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung der Männchen zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homeranges; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p- Niveau	Z kor.	p- Niveau	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*eins. exakt p
O-HG	1338,50	3414,50	488,5	2,71	>0,01	3,05	>0,05	21	76	>0,01
O-NG	1266,00	3487,00	561,0	2,07	>0,05	2,14	>0,05	21	76	>0,05
O-F	1302,50	3450,50	524,5	2,39	>0,05	2,83	>0,05	21	76	>0,05
O-H	1095,50	3657,50	731,5	0,58	0,56	1,29	0,19	21	76	0,56
HG-NG	1208,00	3545,00	619,0	1,56	0,11	1,59	0,10	21	76	0,11
HG-F	1163,00	3590,00	664,0	1,17	0,24	1,20	0,23	21	76	0,24
HG-H	1119,50	3633,50	707,5	0,79	0,42	0,94	0,34	21	76	0,43
NG-F	1189,00	3564,00	638,	1,40	0,16	1,41	0,15	21	76	0,16
NG-H	1180,50	3572,50	646,5	1,32	0,18	1,65	0,09	21	76	0,18
F-H	1171,00	3582,00	656,0	1,24	0,21	1,53	0,12	21	76	0,21

Tab. 11: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung der Weibchen zwischen den Ebenen Aktionsraum und Homeranges; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p- Niveau	Z korrr.	p- Niveau	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*ins. exakt p
O-HG	432,00	946,00	166,0	1,84	0,06	1,93	0,05	13	39	0,06
O-NG	329,00	1049,00	238,00	-0,32	0,74	-0,33	0,74	13	39	0,75
O-F	385,50	992,50	212,50	0,86	0,38	0,98	0,32	13	39	0,39
O-H	387,00	991,00	211,00	0,89	0,36	1,75	0,07	13	39	0,37
HG-NG	436,00	942,00	162,00	1,93	0,05	1,94	0,05	13	39	0,05
HG-F	457,50	920,50	140,50	2,38	>0,05	2,47	0,01	13	39	>0,01
HG-H	386,00	992,00	212,00	0,87	0,38	1,33	0,18	13	39	0,39
NG-F	423,50	954,50	174,50	1,66	0,09	1,71	0,08	13	39	0,09
NG-H	381,50	996,50	216,50	0,78	0,43	1,18	0,23	13	39	0,43
F-H	388,50	989,50	209,50	0,92	0,35	1,48	0,13	13	39	0,35

Tab. 12: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung zwischen den Männchen und den Weibchen auf der Ebene der Aktionsräume; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p- Niveau	Z korrr.	p- Niveau	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2*ins. exakt p
O-HG	316,00	279,00	85,00	-1,82	0,067	-1,83	0,06	21	13	0,07
O-NG	330,00	265,00	99,00	-1,32	0,18	-1,33	0,18	21	13	0,19
O-F	402,00	193,00	102,00	1,22	0,22	1,24	0,21	21	13	0,23
O-H	355,00	240,00	124,00	-0,44	0,65	-0,66	0,50	21	13	0,67
HG-NG	335,50	259,50	104,50	-1,13	0,25	-1,13	0,25	21	13	0,26
HG-F	338,50	256,50	107,50	-1,02	0,30	-1,02	0,30	21	13	0,30
HG-H	396,50	198,50	107,50	1,02	0,30	1,17	0,23	21	13	0,30
NG-F	362,50	232,50	131,50	-0,17	0,85	-0,17	0,85	21	13	0,86
NG-H	402,00	193,00	102,00	1,22	0,22	1,37	0,17	21	13	0,23
F-H	407,00	188,00	97,00	1,39	0,16	1,56	0,11	21	13	0,16

Tab. 13: Varianzhomogenitätstest (Levene, Brown-Forsythe), Vergleich zwischen der Nutzung der Grenzlinienstruktur (Fels/Heide) zwischen Männchen und Weibchen auf Ebene der Aktionsräume; Fels (F), Heide (H)

	Levene	FG	p	Brn-Fors	FG	p
F-H	28,3289	32	0,000008	4,15647	32	0,049809

Tab. 14: M-W U Test; Vergleich der Grenzliniennutzung zwischen den Männchen und den Weibchen auf der Ebene der Homeranges; Offene Fläche (O), Hohes Gestrüpp (HG), Niedriges Gestrüpp (NG), Fels (F), Heide (H)

	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p- Niveau	Z korr.	p- Niveau	N Gruppe 1	N Gruppe 2	2* ^{eins} exakt p
O-HG	4163,00	2507,00	1237,00	-1,44	0,14	-1,71	0,08	76	39	0,14
O-NG	4012,00	2658,00	1086,00	-2,33	>0,05	-2,45	>0,05	76	39	>0,05
O-F	4279,00	2391,00	1353,00	-0,76	0,44	-0,98	0,32	76	39	0,44
O-H	4406,00	2264,00	1480,00	-0,01	0,99	-0,03	0,97	76	39	0,99
HG-NG	4254,50	2415,50	1328,50	-0,90	0,36	-0,92	0,35	76	39	0,36
HG-F	4590,00	2080,00	1300,00	1,07	0,28	1,12	0,25	76	39	0,28
HG-H	4689,50	1980,50	1200,50	1,66	0,09	2,20	>0,05	76	39	0,09
NG-F	4657,50	2012,50	1232,50	1,47	0,14	1,52	0,12	76	39	0,14
NG-H	4575,00	2095,00	1315,00	0,98	0,32	1,41	0,15	76	39	0,32
F-H	4623,00	2047,00	1267,00	1,27	0,20	1,81	0,06	76	39	0,20