

**Habitatpräferenz und Populationsstruktur
des Kiesbank-Grashüpfers *Chorthippus pullus*
(PHILIPPI 1830) (Orthoptera, Acrididae) an zwei
Standorten im Pfynwald (Schweiz, VS)**

Diplomarbeit

der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von
Daniel Walther
2006

Leiter der Arbeit:
Prof. Dr. Jürg Zettel
Zoologisches Institut, Abteilung Synökologie

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	1
2. Einleitung	2
3. Material und Methoden	4
3.1. Die beiden Untersuchungsgebiete im Pfywald	4
3.1.1. Lage und Beschreibung	4
3.1.2. Klima	5
3.1.3. Zonation auf der Pullus-Insel	5
3.1.4. Heuschreckenassoziation	5
3.2. Populationsstruktur im Russenbrunnen und auf der Pullus-Insel	5
3.2.1. Die Untersuchungsflächen RU und PU	5
3.2.2. Erfassung der Populationsstruktur: Fang-Wiederfangmethode	6
3.2.3. Fang und Markierung der Tiere	7
3.3. Habitatpräferenz auf der Pullus-Insel	7
3.3.1. Charakterisierung der 6 Zonen	7
3.3.2. Abundanzen und Geschlechterverhältnisse in den 6 Zonen	8
3.4. Habitatpräferenz im Russenbrunnen	8
3.4.1. Charakterisierung der bemoosten und entmoosten Flächen	8
3.4.2. Abundanzen auf den bemoosten und entmoosten Flächen	8
3.5. Mikroklimawahl auf der Pullus-Insel	9
3.6. Statistische Auswertungen	9
3.6.1. Populationsstruktur	9
3.6.2. Habitatpräferenz	10
3.6.3. Mikroklimawahl	10
4. Resultate	11
4.1. Populationsstruktur im Russenbrunnen (RU) und auf der Pullus-Insel (PU)	11
4.1.1. Beobachtungszahlen	11
4.1.2. Wiederfangraten	11
4.1.3. Geschlechterverhältnisse	11
4.1.5. Populationsgrößen und maximale Abundanzen	12
4.1.6. Verteilung der Tiere auf den Untersuchungsflächen	12
4.2. Habitatpräferenz auf der Pullus-Insel	13
4.2.1. Charakterisierung der 6 Zonen	13
4.2.2. Abundanzen und Geschlechterverhältnisse	15
4.3. Habitatpräferenz im Russenbrunnen	15
4.3.1. Charakterisierung der beiden Substrattypen „bemoost“ und „entmoost“	15
4.3.2. Abundanzen auf den beiden Substrattypen „bemoost“ und „entmoost“	16
4.4. Mikroklimawahl auf der Pullus-Insel	16
4.4.1. Zonenklimata in der optimalen Zone 4 und in den suboptimalen Zonen 1 und 5	16

4.4.2.	Aufenthaltsorte der Heuschrecken	17
4.4.3.	Mikroklima an den Aufenthaltsorten	17
4.4.4.	Präferenzen bei der Mikroklimawahl	17
5.	Diskussion	19
5.1.	Populationsstruktur	19
5.1.1.	Fang-Wiederfang- und Petersen-Methode	19
5.1.2.	Populationsgrößen und Abundanzen	20
5.1.3.	Phänologie und Geschlechterverhältnis	21
5.2.	Habitatpräferenz.....	22
5.2.1.	Habitatwahl: Struktur	22
5.2.2.	Habitatwahl: Mikroklima	23
5.3.	Zukunft für <i>C. pullus</i> im Pfywald	25
6.	Dank	27
7.	Literatur	28
8.	Abbildungen	31
9.	Tabellen	42
10.	Anhang	46

1. Zusammenfassung

Das Naturschutzgebiet Pfywald (Kanton Wallis) beinhaltet eines der letzten Vorkommen des Kiesbank-Grashüpfers *Chorthippus pullus* in der Schweiz. Aktuell gibt es hier drei Populationen: eine auf der linken Seite der Rhone im Rottensand und zwei auf der rechten Seite im „Russenbrunnen“ und auf der „Pullus-Insel“. Während der Russenbrunnen eine gegenüber der Rhone erhöhte und zurückversetzte Lichtung im Auenwald ist, bezeichnet die Pullus-Insel eine Schotterbank im ufernahen Flussbett mit inselartiger Struktur. In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir zwischen Juni und September 2005 die beiden Populationen Russenbrunnen und Pullus-Insel. Wir bestimmten mit Hilfe der Fang-Wiederfangmethode die Geschlechterverhältnisse in den beiden Populationen, schätzten mit der Petersen-Methode deren Grössen und führten an beiden Standorten Untersuchungen zur Habitatpräferenz durch: Im Russenbrunnen untersuchten wir den Einfluss der Bemoosung und auf der Pullus-Insel die Mikrohabitatwahl und die Mikroklimata. Die vorhandenen Sukzessionsstadien auf der Pullus-Insel wurden in 6 Zonen eingeteilt. In dieser Studie haben wir nur Imagines untersucht.

Insgesamt konnten wir im Russenbrunnen 431 und auf der Pullus-Insel 536 Tiere individuell markieren. Den höchsten Schätzwert der Populationsgrössen auf den Untersuchungsflächen erhielten wir im Russenbrunnen mit 366 Individuen und auf der Pullus-Insel mit 557 Tieren. Die maximale Populationsgrösse im gesamten Untersuchungsgebiet schätzten wir im Russenbrunnen (3'680 m²) auf 920 und auf der Pullus-Insel (~14'000 m²) auf 1538 Individuen. Beide Populationen liegen damit oberhalb der Grenze einer überlebensfähigen Population. Das Geschlechterverhältnis war im Russenbrunnen ausgeglichen, auf der Pullus-Insel gab es ab August einen signifikanten Männchenüberschuss. Im Russenbrunnen zeigte *C. pullus* ab Juli eine Präferenz für die entmoosten Flächen. Diese Flächen glichen dem Sukzessionsstadium, welches er auf der Pullus-Insel als Habitat bevorzugte. In dieser Zone waren 51 % der Fläche vegetationsfrei und die Bodenoberfläche bestand vorwiegend aus Sand (39 %), Vegetation (30 %) und Steinen (15 %). Dieses Habitat war während des Morgens die wärmste und trockenste Zone. *C. pullus* hielt sich an warmen, trockenen und eher windgeschützten Stellen auf und wählte je nach klimatischen Bedingungen in seiner Umgebung aktiv das für ihn günstigste Mikroklima aus.

Keywords: Orthoptera, Acrididae, *Chorthippus pullus*, Pfywald, Fang-Wiederfang, Populations-schätzung, Petersen-Methode, Habitatpräferenz, Mikroklimawahl, Zonation

2. Einleitung

Der Kiesbank-Grashüpfer, *Chorthippus pullus* (Acirididae; Gomphocerinae), ist eine kryptisch gefärbte Heuschrecke mit verkürzten Flügeln und blutroten Hinterschenkeln mit schwarzen Knien (BELLMANN 1985). Er ist europaweit verbreitet und besiedelt in Mitteleuropa in kleinen Vorkommen den Alpenraum (A, CH, D, F, I) und subatlantische Sandheiden in Ostdeutschland (MAAS ET AL. 2002). Nach HARZ (1957) bewohnt die xero-thermophile Art vegetationsarme Sandflächen und Kiesbänke entlang von Flüssen, trockene Wiesen, Heiden, Waldlichtungen, Waldränder und Waldwege. Im Alpenraum beschränkt sich die Verbreitung von *C. pullus* heute fast ausschliesslich auf Kies- und Schotterbänke alpiner Flüsse. Dabei handelt es sich um einen stark gefährdeten Lebensraum, welcher durch Flussverbauungen, Wasserkraftwerke sowie Sand- und Kiesentnahme selten geworden ist (SCHWARZ-WAUBKE 1997, MAAS ET AL. 2002). Als stenotope (THORENS & NADIG 1997) und sehr ortstreue Art (MAAS ET AL. 2002) ist *C. pullus* heute in weiten Teilen seines Verbreitungsgebietes vom Aussterben bedroht, so auch in der Schweiz (NADIG & THORENS 1994, MAAS ET AL. 2002). In der Schweiz kommt *C. pullus* aktuell nur noch punktuell am Inn, am Rhein, an der Sense, der Dranse de Ferret und der Rhone vor (Centre Suisse de Cartographie de la Faune, CSCF, CH-2000 Neuchâtel). Letztere fliesst zwischen Susten und Sierre (Kanton Wallis) durch den Pfywald und bildet in diesem 10 km² grossen Naturschutzgebiet eine der letzten natürlichen Flusslandschaften der Schweiz. Trotz Kiesentnahme, Eindämmung und einem Wasserkraftwerk ist die Rhone hier in der Lage, in ihrem bis über 200 m breiten Bett einen nahezu natürlichen Lauf mit Kiesbänken zu gestalten (ZEHNDER & ZETTEL 1999).

Im Pfywald waren bis 2003 zwei Populationen von *C. pullus* bekannt: die eine besiedelt auf der linken Flusseite im Zentrum des Rottensandes einen ehemaligen Seitenarm der Rhone und die andere befindet sich im Russenbrunnen am rechten Rhoneufer auf einer erhöhten Schotterterrasse in einer Lichtung des Auenwaldes (CARRON 1999). Beide Populationen befinden sich ausserhalb des Wirkungsbereichs der Rhone. CARRON (1999) bezeichnete ihre Habitate als suboptimal, da Gehölze einwandern und die Standorte zunehmend verbuschen. Neben diesen beiden Populationen wurde 2004 eine dritte entdeckt. Im Gegensatz zu den bisher bekannten befindet sie sich im Bereich der natürlichen Flusssynamik auf einer Schotterbank am rechten Rhoneufer, etwa 500 m flussaufwärts der Russenbrunnen-Population. Dieser Pionierstandort weist ein Mosaik von unterschiedlichen Sukzessionsstadien auf und kann als natürlicher Lebensraum von *C. pullus* betrachtet werden. Aufgrund der inselartigen Struktur dieses Standorts bezeichnen wir ihn als „Pullus-Insel“.

Die starke Gefährdung des Kiesbank-Grashüpfers in der Schweiz und die ungünstigen Habitate im Rottensand und im Russenbrunnen gaben 2002 den Anstoss, den damaligen Status dieser Heuschrecke im Pfywald zu erheben. Dazu untersuchte FREIVOGEL (2003) die Populationsgrössen an beiden Standorten, sowie die Habitatqualität und den Einfluss der Beschattung auf die Besiedlungsdichte im Russenbrunnen. Anhand dieser Studie konnten die Gefährdung der beiden Populationen abgeschätzt und geeignete Pflegemassnahmen vorgeschlagen werden. Da in der Untersuchung die suboptimale Qualität des Habitats sowie die ungünstigen Auswirkungen der Beschattung auf *C. pullus* im Russenbrunnen nachgewiesen wurden, erfolgten 2004 an diesem Standort folgende Pflegemassnahmen: (a) Entbuschung und somit Reduktion des Schattenanteils auf einem etwa 1800 m² grossen Gebiet, welches den grössten Teil der *C. pullus* Population beherbergte und (b) Entfernung der Mooschicht auf zwei 300 m² grossen Flächen

im gleichen Gebiet. Gemäss FREIVOGEL (2003) dürfte sich die Entfernung der Mooschicht und die damit verbundene Öffnung der Bodenoberfläche positiv auf die Population auswirken, da dadurch bessere Eiablageplätze geschaffen werden. Zwar konnte SCHWARZ-WAUBKE (2001) beobachten, wie weibliche *C. pullus* ihre Ootheken auch in Moospolster ablegten, doch finden sich in ihrer Arbeit weder Angaben über die Häufigkeit solcher Eiablagen noch über die Dicke sowie das Ausmass der vorhandenen Moosdecke. Da im Russenbrunnen fast die gesamte Bodenoberfläche von einer bis 2 cm dicken Mooschicht überdeckt ist und diese durch das trockene Klima im Pfywald derart austrocknen kann, dass sie für eine Eiablage fast undurchdringlich hart wird, kann man davon ausgehen, dass durch die Entfernung des Moores und dem dadurch verbesserten Zugang zum mineralischen Substrat tatsächlich günstigere Eiablageplätze für *C. pullus* geschaffen werden.

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war es, festzustellen, wie sich die Russenbrunnen-Population seit den Untersuchungen von FREIVOGEL (2003) entwickelt hat und wie sich die getroffenen Pflegemassnahmen ausgewirkt haben. Dabei interessierten uns die Populationsstruktur, d.h. Grösse, Abundanzen und Geschlechterverhältnis und wie die Tiere die Flächen mit und ohne Moos besiedelt haben. Ein zweiter Schwerpunkt dieser Studie bildete die Population auf der Pullus-Insel. Da diese erst vor zwei Jahren entdeckt wurde und über deren Grösse und Struktur noch kaum etwas bekannt ist, galt unser Interesse zum einen solch demografischen Aspekten, zum anderen bietet dieser Standort mit seiner von unterschiedlichen Sukzessionsstadien geprägten Zonation die Möglichkeit, herauszufinden, welches Habitat *C. pullus* in seinem natürlichen Lebensraum im Pfywald bevorzugt. Hierzu schieden wir 6 Zonationstypen aus, bestimmten die Abundanzen von *C. pullus* und charakterisierten die verschiedenen Zonen bezüglich der Zusammensetzung und Struktur der Bodenoberfläche und Vegetation. Da bei der Habitatbindung auch das Mikroklima der bodennahen Luftschichten ein bestimmender Faktor ist (SÄNGER 1977), untersuchten wir in einem dritten Aspekt dieser Arbeit das von *C. pullus* bevorzugte Mikroklima. Dabei erfassten wir das Mikroklima in der optimalen Zone und in zwei suboptimalen Zonen, und verglichen dieses mit dem Mikroklima, welches wir an Fundorten des Kiesbank-Grashüpfers feststellen konnten.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die Habitatpräferenz von *C. pullus* im Pfywald können dabei helfen, geeignete Habitate für *C. pullus* zu erkennen, sie zu erhalten oder zu schaffen bzw. diese mit adäquaten Korridoren miteinander zu vernetzen, um *C. pullus* den Zugang zu neuen Lebensräumen zu ermöglichen bzw. den Austausch zwischen benachbarten Populationen zu fördern. Dem Schutz von *C. pullus* dienen auch die Erkenntnisse über die Populationsstruktur. Zusammen mit zukünftigen Studien können sie dabei helfen, die populationsdynamischen Entwicklungen zu erkennen und zu überwachen.

3. Material und Methoden

3.1. Die beiden Untersuchungsgebiete im Pfywald

3.1.1. Lage und Beschreibung

Die beiden Untersuchungsgebiete „Russenbrunnen“ und „Pullus-Insel“ befinden sich am rechten Rhoneufer im Pfywald und liegen auf ca. 552 m.ü.M.. Der Russenbrunnen (611.325/128.390) ist eine etwa 4500 m² grosse Lichtung im Auenwald (FREIVOGEL 2003). Diese befindet sich durch einen schmalen Waldstreifen abgetrennt von der Rhone auf einer Schotterterrasse, die etwa 2 m über dem aktuellen Rhonebett liegt. Dadurch und weil die Distanz zum Rhoneufer je nach Wasserstand bis zu 100 m betragen kann, liegt dieser Standort ausserhalb der natürlichen Flussdynamik und wird auch bei Hochwasser nicht überflutet. Das Ausbleiben solcher Störungen erleichtert den Gehölzen die Besiedlung der Lichtung, welche immer stärker von Büschen durchsetzt wird. Die lockere Bodenvegetation besteht primär aus Kräutern. Gräser kommen nur vereinzelt vor. Auffallend ist die dicke Moosschicht (*Dicranoweisia crispula*), welche im Russenbrunnen fast die gesamte, nicht von Vegetation bedeckte Fläche aus mineralischem Substrat bedeckt (FREIVOGEL 2003) (entmooste Flächen s. 3.2.1.).

Etwa 500 m flussaufwärts des Russenbrunnens befindet sich das zweite Untersuchungsgebiet, die Pullus-Insel (611.792/128.532). Es ist eine mit Vegetation bewachsene Schotterbank mit inselartigem Aussehen. Sie kann bei erhöhtem Wasserstand regelmässig, jedoch nur partiell und bei starkem Hochwasser vollständig überschwemmt werden. Das Untersuchungsgebiet wird im Süden durch die Rhone und im Norden durch einen schmalen, ehemaligen Seitenarm der Rhone und das 2-3 m erhöhte und befestigte Ufer (Damm) begrenzt. Bei Hochwasser kann der Seitenarm Wasser führen und den Standort zur Insel werden lassen. Die Pullus-Insel ist ein Pionierstandort, welcher durch ein Extremhochwasser im Herbst 1993 entstand und danach gemäss der natürlichen Sukzession bewachsen wurde. Für *C. pullus* war es jedoch vorerst nicht möglich, den Standort zu besiedeln. Erst ein Extremhochwasser im Jahr 2000 liess zwischen Pullus-Insel und Russenbrunnen eine lange Schotterbank entstehen, welche ihm den Zugang ermöglichte. Seit ihrer Entstehung modifizierten Hochwassereinflüsse die Pullus-Insel und deren Vegetation. Dadurch entstanden nebeneinander eine Reihe von Zonationstypen mit unterschiedlichen Vegetationsstrukturen, die in zeitlicher Abfolge auch als Sukzessionsstadien einer Auendynamik auftreten würden. So besteht die Pullus-Insel aus einem Mosaik von Lebensräumen, die von offenen, vegetationsfreien Schotterbänken bis zu Flächen mit sehr dichter und hoher Vegetation reichen. Das von uns untersuchte Gebiet war 13'958 m² gross und umfasste die nordöstliche Hälfte der Pullus-Insel.

Detaillierte Angaben zu Pflanzenarten und –gesellschaften im Pfywald gibt WERNER (1985). In der vorliegenden Arbeit verzichteten wir weitgehend auf die Bestimmung von Pflanzenarten und –gesellschaften. Diesbezüglich werden nur die für uns relevanten Aspekte aufgeführt. Eine aktuelle Liste der auf unseren Untersuchungsgebieten vorkommenden Pflanzen gibt STEINER (2006).

3.1.2. Klima

Durch die Hochalpenketten im Norden und Süden gegen atlantische und mediterrane Wettereinflüsse abgeschirmt, weist der Talboden des Zentralwallis ein geschütztes, kontinentales Klima auf. Es ist die niederschlagärmste Region der Schweiz (mittlerer Jahresniederschlag von Sierre: 575 mm) und mit etwa doppelt so viel Sonnenschein wie das Mittelland gehört sie auch zu den sonnenreichsten Gebieten unseres Landes (WERNER 1985). Begünstigt durch die seltene Wolkenbedeckung ist die Region Pfywald durch grosse diurnale und saisonale Temperaturschwankungen geprägt. Im Winter schirmt der 2000 m hohe Gorwetschgrat die Sonne derart ab, dass grosse Teile des Pfywaldes (auch unsere Untersuchungsgebiete) über mehrere Wochen im Schatten liegen und dabei die Temperaturen selten über den Gefrierpunkt steigen. Im Sommer gibt es grosse Temperaturfluktuationen im Verlauf des Tages und die Temperaturen auf der Bodenoberfläche steigen trotz der mässigen Talwinde an schönen Tagen in Bereiche, die sogar für xero-thermophile Insekten unerträglich werden können (ZEHNDER & ZETTEL 1999).

3.1.3. Zonation auf der Pullus-Insel

Im Rahmen einer für diese Diplomarbeit durchgeführten Pilotstudie im Sommer 2004 wurden die auf der Pullus-Insel vorkommenden Sukzessionsstadien 6 Zonationstypen zugeteilt. Die Einteilungskriterien waren Zusammensetzung und Struktur der Vegetation sowie der Bodenoberfläche. Bei der Vegetation berücksichtigten wir vorkommende Arten, maximale Höhe, Alter und Pflanzendichte und auf der Bodenoberfläche beachteten wir die Anteile von Sand, Kies (\varnothing 0.1-5 cm), Steinen (\varnothing >5-50 cm) und Blöcken (\varnothing >50 cm). Die Zonengrenzen wurden mit Hilfe eines GPS-Geräts (Garmin, GPS-12) auf Luftfotos kartiert und danach im GIS-Programm Idrisi digitalisiert. Die Zonen klassierten wir nach ihrem Sukzessionsstadium von 1 (früh) bis 6 (spät) (Abb. 1 u. 2). Sie werden im Weiteren mit Z1 bis Z6 abgekürzt.

3.1.4. Heuschreckenassoziation

In Tab. A1 sind die Heuschrecken, welche zusammen mit *C. pullus* im Russenbrunnen und auf der Pullus-Insel vorkamen, zusammengestellt. Die angegebenen Häufigkeiten dienen der Veranschaulichung der Assoziation. Sie wurden grob geschätzt. Dafür verwendeten wir die folgende Einteilung: + = einzelne, ++ = mehrere und +++ = viele Individuen. Die Artenliste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

3.2. Populationsstruktur im Russenbrunnen und auf der Pullus-Insel

3.2.1. Die Untersuchungsflächen RU und PU

Russenbrunnen: Hier wählten wir eine Fläche aus, auf welcher der grösste Teil der *C. pullus* Population vorkam. Diese Untersuchungsfläche (RU) war 1450 m² gross und befand sich in jenem Bereich, auf welchem im Rahmen von Pflegemassnahmen 2004 zwei Flächen (je 15x20 m) von der Moosdecke befreit und alle Büsche entfernt wurden (nachgewachsene Gehölze entfernten wir im Frühling 2005 erneut). RU setzte sich aus 600 m² entmooster und 850 m² bemooster Fläche zusammen und wurde für die Fang-Wiederfangmethode in 58 Teilflächen à 5x5 m unterteilt (Abb. 3).

Pullus-Insel: Für die Schätzung der Populationsgrösse bestimmten wir hier eine Untersuchungsfläche (PU), die (a) gewisse Anteile von allen 6 Zonen enthielt und dadurch mit dem gesamten Untersuchungsgebiet verglichen werden konnte und (b) nicht zu gross war, so dass sie trotz der z. T. sehr heterogenen und dichten Vegetation in einem Tag vollständig bearbeitet werden konnte. Wichtig war auch, dass trotz der Integration von Zonen, in denen *C. pullus* nicht häufig anzutreffen war, auf PU genügend Tiere vorkamen, damit die Schätzung der Populationsgrösse durchgeführt werden konnte. Wir wählten eine 900 m² grosse Fläche, auf welcher die Anteile der individuenreichsten Zonen 3 und 4 etwas über- und diejenigen der individuenarmen Z1 unterrepräsentiert waren. Wie bereits auf RU überzogen wir PU mit einem 5x5m-Raster (36 Teilflächen) (Abb. 4).

3.2.2. Erfassung der Populationsstruktur: Fang-Wiederfangmethode

Zur Ermittlung von Populationsgrössen, Geschlechterverhältnissen und Verteilungen der Tiere auf RU und PU wählten wir die Fang-Wiederfangmethode (Statistik: s. 3.6.1.). Gemäss BRUCKHAUS & DETZEL (1997) lässt sich damit in einer Studie, in welcher eine einzelne Heuschreckenart untersucht wird, deren Populationsgrösse am besten dokumentieren. Für die eigentliche Schätzung verwendeten wir die Petersen-Methode nach KREBS (1999). Da dieses Verfahren die Annahme einer geschlossenen Population vorgibt (closed population), wählten wir ein entsprechendes Fang-Wiederfangdesign. Dieses bestand aus 6 Fangereignissen (FE) mit je 2 aufeinander folgenden Fangtagen: D.h. wir suchten am ersten Tag eines FE die gesamte Untersuchungsfläche ab, fingen alle adulten *C. pullus* ein, notierten Fangquadrat und Geschlecht, markierten sie und liessen sie gleichentags in der Mitte ihres Fangquadrats wieder frei. Da wir gleich am folgenden Tag (Tag 2 des FE) das Vorgehen des ersten Tages wiederholten, konnten wir mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass während dieser kurzen Zeit keine Individuen in die Population ein- oder aus der Population abwanderten bzw. starben. Dadurch konnte die Population als geschlossen betrachtet werden. Da die Larvalstadien von *C. pullus* kaum von anderen in den Untersuchungsgebieten vorkommenden *Chorthippus*-Arten unterschieden werden konnten (v. a. *C. vagans*), berücksichtigten wir ausschliesslich adulte Tiere.

Die 6 FE führten wir in Abständen von etwa 2-3 Wochen während den Monaten Juni bis September und nur bei günstigen Wetterbedingungen durch (Temperatur der Bodenoberfläche ≥ 20 °C, Wolkenbedeckung <50 %, kein Niederschlag). Bei ungünstigen Veränderungen dieser Bedingungen haben wir die Untersuchungen unter- oder abgebrochen. Dies traf sowohl auf der Pullus-Insel als auch im Russenbrunnen beim FE 2 ein: auf PU (FE 2: 28.6./30.6.05) konnten wir den zweiten Fangtag nicht am nächsten, sondern erst am übernächsten Tag durchführen (Gewitterfront am 29.6.) und auf RU (FE 2: 5./6. bzw. 11./12.7.05) war es uns aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen nicht möglich, die gesamte Untersuchungsfläche in einem Tag zu bearbeiten. Am 5. und 6. Juli bearbeiteten wir den westlichen Teil (550 m²) und am 11. und 12. Juli den östlichen Teil des Gebietes (900 m²). Die Tage vom 7.-10. Juli waren kühl und bedeckt und dadurch für unsere Untersuchung nicht geeignet.

3.2.3. Fang und Markierung der Tiere

Die Untersuchungsflächen RU und PU wurden bei jeder Begehung gleich abgesucht: Wir starteten jeweils am selben Ort und suchten alle 5x5m-Teilflächen in der gleichen Reihenfolge gleichmässig schreitend, schlaufenförmig ab. Auf eine zufällige Reihenfolge verzichteten wir bewusst, weil eine derartige Begehung die Verteilung der Tiere gestört und die Resultate beeinflusst hätte. Bei der Suche nach *C. pullus* schwenkten wir einen kleinen Kescher (Öffnung: 12.5 x 15 cm) vor uns am Boden hin und her. Dadurch wurden die kryptisch gefärbten Tiere zu einer kurzen Fluchtbewegung animiert und damit sichtbar gemacht. Mit dem kleinen Kescher konnten die Tiere trotz der heterogenen Vegetationsstruktur auf PU sehr gut eingefangen werden.

Zur Markierung verwendeten wir einen Punktecode bestehend aus 5 Farben (blau, grün, rot, silber, gold), welcher mit Lackstiften (edding 780 paint marker, ausgezeichnete Haftfähigkeit) an 5 Stellen des Pronotums angebracht wurde: 4 Stellen dorsal (2 li. und re. des Rückenkiels) und 1 Stelle lateral auf dem linken Seitenlappen. Die Vor- und Nachteile dieser weit verbreiteten Markierungstechnik (u. a. JANSSEN (1993), ZÖLLER (1995), HOLDEREGGER (1999)) sind in HAGLER & JACKSON (2001) zusammengestellt. Mit dem verwendeten Code wurden die Tiere individuell markiert. Um Verletzungen während der Markierung zu verhindern, wurden die Tiere mit CO₂ betäubt. Vor der Freilassung der Tiere kühlten wir sie während wenigen Minuten in einer Thermobox mit Kühlelementen (ähnlich wie FREIVOGEL (2003) und HOLDEREGGER (1999)). Dadurch wurde das Fluchtverhalten nach ihrer Freisetzung reduziert und die Verteilung der Individuen auf der Untersuchungsfläche nicht unnötig beeinflusst.

3.3. Habitatpräferenz auf der Pullus-Insel

3.3.1. Charakterisierung der 6 Zonen

Die Charakterisierung der 6 Zonen, d.h. die Erfassung ihrer Raumstruktur wurde vom 1.-3. Juni 2005 durchgeführt. Da wir nicht primär an den vorkommenden Pflanzenarten und deren Häufigkeiten, sondern vorwiegend an der Zusammensetzung und Struktur der Bodenoberfläche und der Vegetation im Allgemeinen interessiert waren, führten wir keine Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet durch. Stattdessen gingen wir ähnlich vor wie MÜLLER & ZETTEL (1999) und schätzten auf 15 in jeder Zone zufällig ausgewählten Flächen von je 4 m² die prozentualen Anteile (auf 5 % genau) der folgenden Elemente zur Charakterisierung des bodennahen Lebensraumes von *C. pullus*:

(a) der Bodenoberfläche: Sand, Kies, Steine, Blöcke (Grösseneinteilung s. 3.1.3.), Totholz und Streu sowie die Vegetation unterteilt in Kräuter (Dicotyle), Gräser (Poaceae), Moos und die Stammquerschnitte der Gehölze. Die von uns erfassten pflanzlichen Anteile betreffen vorwiegend die Krautschicht. Da im Allgemeinen die Gehölze in diesem Stratum nicht berücksichtigt werden, jedoch die prozentualen Anteile von Dicotylen, Poaceae und Moos alleine nicht 100 % der Fläche auf der Bodenoberfläche ausmachten, erfassten wir auch die Stammquerschnitte der Gehölze.

(b) der Vegetationsstruktur: Hier bestimmten wir die Vegetationsdeckung (%) und die maximale Gehölzhöhe (cm). Die Vegetationsdeckung unterteilten wir in die Gehölzdeckung und die Deckung der Krautschicht (Dicotyle + Poaceae) ausserhalb der Gehölzdeckung.

Die 6 Zonen wurden auch bezüglich ihrer klimatischen Verhältnisse charakterisiert: Am 24. Juni und am 23. Juli 2005 registrierten wir während 5 Durchgängen im Verlauf des Tages die Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und die Windgeschwindigkeit. Für die Messungen wählten wir aus den 15 Zufallsflächen in jeder Zone zufällig 4 (im Juni) bzw. 5 Flächen (im Juli) aus, um in deren Mitte auf der Bodenoberfläche und auf 1 m Höhe die drei Klimaparameter zu messen. Auf jeder der ausgewählten Flächen schätzten wir in jedem Durchgang auch die Beschattung des Bodens (%). Den ersten Durchgang starteten wir jeweils um 7:30 Uhr. Danach führten wir in jedem Durchgang auf den ausgewählten Flächen in allen Zonen die Messungen durch. Da wir zu zweit arbeiten konnten, dauerte ein Durchgang etwa 2 Stunden und der letzte endete jeweils kurz vor 18 Uhr. Die Temperatur messen wir mit 2 digitalen Thermometern (Metrawatt M4013 und Technoterm 7200 mit Luftfühler Pt 100 (± 0.2 °C)). Die relative Luftfeuchtigkeit ermittelten wir mit Squirrel Digital Meter/Logger von Grant Instruments Ltd., England und der Messsonde Vaisala HMP 31 UT. Für die Windgeschwindigkeit registrierten wir mit dem Strömungs-Stick Testo 405-V1 während 20 Sekunden die minimale und die maximale Geschwindigkeit (m/s) und berechneten daraus den Mittelwert.

3.3.2. Abundanzen und Geschlechterverhältnisse in den 6 Zonen

Damit wir die Individuendichten innerhalb der einzelnen Zonen feststellen konnten, wählten wir in jeder Zone zufällig 8 Flächen von je 25 m² (5x5 m) aus und zählten darauf die Anzahl ♂♂ und ♀♀ von *C. pullus*. Die Zählungen wurden vom 21.-23. Juni und vom 20.-22. Juli 2005 durchgeführt. Dabei suchten wir alle Flächen einer Zone sowohl im Juni als auch im Juli einmal morgens (9-12 Uhr) und einmal nachmittags (14-17 Uhr) ab. Anhand der gezählten Individuen berechneten wir für jede der 4 Zählungen die Abundanzen und das Geschlechterverhältnis in den 6 Zonen (Statistik: s. 3.6.2.). Mit den Individuendichten und den Gesamtflächen der Zonen ergibt sich eine weitere Möglichkeit um die Gesamtpopulation auf der Pullus-Insel zu schätzen.

3.4. Habitatpräferenz im Russenbrunnen

3.4.1. Charakterisierung der bemoosten und entmoosten Flächen

Die Charakterisierung der beiden Substrattypen „bemoost“ und „entmoost“ auf RU führten wir nach den gleichen Methoden durch wie auf der Pullus-Insel. Sowohl auf den Flächen mit Moos als auch auf denjenigen ohne wählten wir zufällig 15 Flächen von je 4 m² aus und schätzten darauf die unter 3.3.1. erwähnten Elemente zur Charakterisierung der Bodenoberfläche und der Vegetationsstruktur. Aufgrund der ausgeprägten Moosdecke auf RU erfassten wir bei der Vegetationsdeckung auch den Deckungsanteil der Mooschicht. Eine klimatische Charakterisierung des Russenbrunnens wurde nicht durchgeführt.

3.4.2. Abundanzen auf den bemoosten und entmoosten Flächen

Die Registrierung der Fundorte während den 10 Begehungen im Rahmen der Fang-Wiederfang-Methode ermöglichte es uns festzustellen, zu welchem Zeitpunkt wie viele Tiere auf den entmoosten oder den bemoosten Flächen beobachtet wurden. Daraus ermittelten wir für jeden der 10 Fangtage die Abundanzen auf den beiden Substrattypen (Statistik: s. 3.6.2.).

3.5. Mikroklimawahl auf der Pullus-Insel

Die Mikroklimawahl von *C. pullus* untersuchten wir vom 13.-15. Juli und vom 8.-10. August 2005 in einer optimalen Zone (höchste Individuendichte) und zwei suboptimalen Zonen (geringe Abundanzen). Die drei Zonen wählten wir auf Grund der Zählungen im Juni aus (optimal: Z4, suboptimal: Z1 u. Z5). Uns war wichtig, dass sich die suboptimalen Zonen in ihrem Sukzessionsstadium deutlich voneinander unterschieden und dass trotz der geringen Abundanzen noch genügend Tiere gefunden werden konnten. Da letzteres in Z1 nicht zutraf, wurde Z1 für die Erhebung zur Mikroklimawahl im Südwesten um 5000 m² erweitert (Abb. 5).

Da wir nicht nur herausfinden wollten, welches Mikroklima *C. pullus* an seinen Aufenthaltsorten auswählte, sondern uns auch das Klima in der jeweiligen Zone zum Zeitpunkt eines Tierfunds sowie die klimatischen Unterschiede zwischen den drei Zonen interessierte, bestimmten wir in jeder der drei Zonen 10 Zufallspunkte. Mit den klimatischen Messungen an den Zufallspunkten ermittelten wir das Zonenklima und mit denjenigen an den Fundorten von *C. pullus* das Fundortklima. Für die Messungen verwendeten wir die Parameter Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit (vgl. 3.3.1.). Die klimatischen Messungen führten wir im Juli und im August einmal morgens (9-13 Uhr) und einmal nachmittags (14-18 Uhr) durch. Dabei registrierten wir die drei Parameter in einer Zone jeweils abwechslungsweise auf der Bodenoberfläche eines Zufallspunktes und an einem Fundort von *C. pullus*. Es war uns wichtig, dass die Messungen der Zufallspunkte gleichmässig über den Untersuchungszeitraum verteilt waren. Wir wählten folgendes Vorgehen: Nach den Messungen an einem Zufallspunkt suchten wir in zufälliger Richtung die nächstgelegene Heuschrecke und registrierten an ihrem Fundort die klimatischen Werte, das Geschlecht und die Aufenthaltshöhe. Bei der Suche gingen wir sehr vorsichtig vor, damit die Tiere ihren Aufenthaltsort nicht verliessen bevor wir diesen exakt bestimmen konnten. Wurde nicht innerhalb von 10-15 min. ein Tier gefunden, untersuchten wir den nächsten Zufallspunkt. An den drei Untersuchungstagen im Juli und August herrschte jeweils eine stabile Schönwetterlage. Somit waren die Messungen vergleichbar (Statistik: s. 3.6.3.).

3.6. Statistische Auswertungen

3.6.1. Populationsstruktur

Populationsgrösse und Abundanz

Diese schätzten wir für alle FE einzeln mit der Petersen-Methode und benutzten dazu das Programm „Ecological Methodology“ (Version 6.1) von KREBS (1999). Für die Auswertung des FE 2 im Russenbrunnen wurden der 5. und 11. Juli als Tag 1 und der 6. und 12. Juli als Tag 2 gewertet. 6 Tiere (2 ♀♀ und 4 ♂♂) fanden wir dabei auf beiden Teilgebieten; um eine Doppelzählung zu vermeiden, wurden diese Tiere bei der Auswertung nur für das westliche (erste) Teilgebiet berücksichtigt. Mit Hilfe der grössten an einem FE geschätzten Population berechneten wir die maximalen Abundanzen auf RU und PU. Mit diesen Daten wurde die Maximalgrösse der Population in den Untersuchungsgebieten Russenbrunnen (3680 m²) und Pullus-Insel (~14'000 m²) berechnet.

Geschlechterverhältnis und Verteilung der Tiere

Für jeden Fangtag eines FE bestimmten wir sowohl auf RU als auch auf PU das Geschlechterverhältnis und die Verteilung von *C. pullus* auf den Untersuchungsflächen. Das Geschlechterverhältnis prüften wir mit einem χ^2 -Test auf ein erwartetes 1:1-Verhältnis. Hierzu verwendeten wir wie JANSSEN (1993) und SCHWARZ-WAUBKE (2001) die Formel $\chi^2 = (|a-b| - 1)^2 / (a+b)$ ($a = \text{Anzahl } \text{♂♂}$ und $b = \text{Anzahl } \text{♀♀}$) (SACHS 2004). Die Verteilung der Tiere auf RU und PU analysierten wir wie FREIVOGEL (2003) mit dem Mittelwert-Varianzverhältnis-Test nach KREBS (1999) und bestimmten, ob die Heuschrecken gleichmässig, zufällig oder geklumpt verteilt waren (Programm „Ecological Methodology“ (Version 6.1) von KREBS (1999)).

3.6.2. Habitatpräferenz

Bevorzugte Zone und Geschlechterverhältnisse auf der Pullus-Insel

Für jede der 4 Zählungen in den Zonen verglichen wir mit dem χ^2 -Test die empirische Verteilung der Tiere mit einer Gleichverteilung der Individuen über alle Zonen. Im Falle einer signifikanten Abweichung von einer Gleichverteilung betrachteten wir diejenige Zone mit den höchsten Abundanzen als die von *C. pullus* bevorzugte Zone. Die Geschlechterverhältnisse prüften wir wie unter 3.6.1. beschrieben.

Bevorzugter Substrattyp im Russenbrunnen

Die Anzahl Individuen auf den Flächen mit und ohne Moos an den einzelnen Fangtagen prüften wir mit Hilfe des χ^2 -Tests: Wir testeten die empirische Verteilung von *C. pullus* auf eine Gleichverteilung (SACHS 2004). Waren die Tiere nicht gleich verteilt, galt derjenige Substrattyp mit den höheren Abundanzen als der bevorzugte.

3.6.3. Mikroklimawahl

Zonen- und Fundortklima

Mit den gewonnenen Daten von den Zufallspunkten und den Fundorten berechneten wir das durchschnittliche Zonenklima und die mittleren mikroklimatischen Parameter an den Fundorten (Fundortklima). Dasselbe machten wir mit den klimatischen Messungen an den Fundorten. Mit einem T-Test (normalverteilte Daten) bzw. einem Mann-Whitney-U-Tests (nicht normalverteilte Daten) prüften wir die Signifikanz der Unterschiede zwischen: (a) den Zonenklimata der suboptimalen Zonen und demjenigen der optimalen Zone, (b) den Fundorten der drei Zonen und (c) den Fundorten und dem Zonenklima dieser Zone.

Für die genauere Datenanalyse führten wir eine Regressionsanalyse durch und werteten mittels des interspezifischen Assoziationskoeffizienten C (LORENZ 1984) und des nach Yates korrigierten χ^2 -Tests (SACHS 2004) Vierfeldertafeln aus. Für die Regressionsanalyse berechneten wir, aufgetrennt nach Klimaparameter, für jedes gefundene Individuum die Differenz zwischen dem Mikroklima an seinem Fundort und den Werten in der Zone zum Fundzeitpunkt. Letzteres war ein Mittelwert, welchen wir aus sämtlichen Daten der Zufallspunkte innerhalb eines Zeitintervalls von 1h vor bis 1h nach dem Fundzeitpunkt ermittelten. Auf diese Weise konnten wir z.B. für die Temperatur feststellen, ob das gefundene Tier in Bezug auf das Zonenklima einen wärmeren oder einen kühleren Aufenthaltsort aufsuchte. Mit den Vierfeldertafeln analysierten wir, ob sich erhöht sitzende Tiere an kühleren und windigeren Stellen aufhielten. Mit dem χ^2 -Test prüften wir, ob in den drei Zonen mehr Tiere trockenere Stellen aufsuchten, als unter der Gleichverteilung zu erwarten war.

4. Resultate

4.1. Populationsstruktur im Russenbrunnen (RU) und auf der Pullus-Insel (PU)

4.1.1. Beobachtungszahlen (Tab. 1)

RU: Hier konnten wir insgesamt 431 *C. pullus* markieren (213 ♀♀, 218 ♂♂). Dies ergab zusammen mit 352 Wiederfängen (177 ♀♀, 175 ♂♂) 783 Beobachtungen (390 ♀♀, 393 ♂♂).

PU: 536 Individuen wurden markiert (234 ♀♀, 302 ♂♂). Zusammen mit 269 Wiederfängen (115 ♀♀, 154 ♂♂) machten wir insgesamt 805 Beobachtungen (349 ♀♀, 456 ♂♂).

An beiden Standorten konnten im FE 2 die meisten Beobachtungen gemacht werden. Die Abundanzen betragen mindestens 0.13 Ind./m² auf PU und 0.1 Ind./m² auf RU. Zu dieser Zeit (Ende Juni/Anfang Juli) dürften die meisten Tiere die Imaginalhäutung abgeschlossen haben. Danach verringerten sich die Beobachtungszahlen an beiden Standorten stetig, bis Ende August auf RU noch 21 bzw. 19 und auf PU anfangs September noch 4 bzw. 5 Tiere gefangen wurden.

Im Verlauf der Saison sollte sich der Anteil neu markierter Tiere eines Fangs ähnlich verhalten wie die Beobachtungszahlen und, bedingt durch den zunehmenden Anteil bereits markierter Tiere, stetig abnehmen. In Abb. A1 sind die Anteile der neu markierten Tiere des jeweils ersten Fangtages eines FE dargestellt. Die erwartete deutliche Abnahme des Neumarkierten-Anteils konnte nur auf RU beobachtet werden (von 100 auf 14.3%), denn auf PU sank der Anteil im Verlauf des Sommers nie unter 50 %.

4.1.2. Wiederfangraten

In Tab. 2 sind die Fang- und Wiederfangdaten zusammengestellt: auf RU konnten wir 31.6 % und auf PU nur 21.3 % der Tiere mindestens 1 Mal wiederfangen. Kein Tier wurde an mehr als 3 FE wiedergefangen. Die Wiederfangraten der Männchen und Weibchen waren auf beiden Flächen annähernd gleich.

Da wir für die Populationsschätzung die Flächen RU und PU jeweils an zwei aufeinander folgenden Tagen absuchten, fingen wir viele Tiere sowohl am ersten als auch am zweiten Tag eines FE. Bei denjenigen Individuen, die wir insgesamt 2 Mal fingen, wurden rund 60 % am gleichen FE wiedergefangen. Das bedeutet, dass sich die Wiederfangraten übermässig erhöhten. Aus diesem Grund betrachteten wir bei der Berechnung der Wiederfangraten Wiederfänge im gleichen FE als 1 Fang. Demnach musste ein Tier, welches z.B. als 3x wiedergefangen galt, auch an 3 unterschiedlichen FE gefangen worden sein.

4.1.3. Geschlechterverhältnisse

RU: Hier konnten wir keine signifikante Abweichung des Geschlechterverhältnisses von 1:1 feststellen. Jedoch fingen wir anfangs eher mehr Männchen und später tendenziell mehr Weibchen (Abb. 6, Tab. 1).

PU: Im Gegensatz zu RU registrierten wir hier nur bis zum 3. FE Mitte Juli ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis. Ab Anfang August (FE 4) wurden 2-3 Mal so viele Männchen wie Weibchen gefangen und anfangs September fingen wir keine Weibchen mehr (FE 4, Tag 1: $p = 0.03$, Tag 2: $p = 0.01$; FE 5, Tag 1: $p = 0.003$, Tag 2: $p = 0.02$; FE 6: zu wenig Daten für χ^2 -Test) (Abb. 6). Dieses signifikant un-

ausgeglichene Geschlechterverhältnis gegen Ende des Sommers wirkte sich auch auf das Verhältnis über die gesamte Untersuchungsperiode aus: mit 234 Weibchen und 302 Männchen wich das Verhältnis mit 1.3 signifikant von 1:1 ab ($p < 0.01$).

4.1.5. Populationsgrößen und maximale Abundanzen

RU: Die Populationsschätzung war mit 366 Individuen Mitte Juni (FE 1) am höchsten. Danach nahm die Populationsgrösse stetig ab, bis sie Ende August (FE 5) nur noch auf 27 Tiere geschätzt wurde (Abb. 7). Entsprechend der geschätzten Populationsgrösse betrug die grösste Abundanz 0.25 Ind./m^2 . Hochgerechnet auf die gesamte für *C. pullus* mögliche Besiedlungsfläche ergab dies im Russenbrunnen (3680 m^2) eine Schätzung von 920 Tieren.

PU: Hier wurde das Populationsmaximum mit 557 Individuen Ende Juni (FE 2) geschätzt. Damit nahm die Population von anfänglich 288 Tieren (FE 1) zu, bevor sie im weiteren Verlauf des Sommers abnahm und anfangs September (FE 6) noch auf ca. 7 Individuen geschätzt wurde (Abb. 7). Die grösste Abundanz auf PU betrug 0.62 Ind./m^2 (FE 2). Hochgerechnet auf das gesamte Untersuchungsgebiet auf der Pullus-Insel ($13'958 \text{ m}^2$) ergab dies eine geschätzte maximale Population von 8'654 Individuen. Da uns diese Zahl zu gross erschien, berechneten wir die Gesamtpopulation auf der Pullus-Insel mit der unter 3.3.2. erwähnten Methode mit den Individuendichten. Da das Populationsmaximum Ende Juni geschätzt wurde, verwendeten wir dazu die Abundanzen, welche wir vom 21.-23. Juni in den Zonen feststellen konnten. Gemäss diesen Berechnungen ergab sich für die Pullus-Insel eine wesentlich kleiner geschätzte Population von 1'538 Tieren (0.11 Ind./m^2) (Tab. 3).

4.1.6. Verteilung der Tiere auf den Untersuchungsflächen

RU: *C. pullus* zeigte hier während des ganzen Sommers eine signifikant geklumpfte Verteilung ($p \leq 0.01$) (Tab. A2). Aus den Abb. A2-A6 kann man entnehmen, dass in den entmoosten Flächen stets viele Individuen gefangen und ab Mitte August (FE 4) die verbleibenden Tiere fast nur noch in den Flächen ohne Moos gefunden wurden. Die höchste gefundene Anzahl Tiere auf einer $5 \times 5 \text{ m}$ -Teilfläche an einem Fangtag waren 8 Individuen (0.32 Ind./m^2). Diese Anzahl fanden wir an den FE 2 und 3 auf vier Flächen ohne und auf einer Fläche mit Moos.

PU: Auch hier war die Verteilung während fast des gesamten Sommers geklumpft ($p < 0.01$). Nur im FE 6 mit 4 bzw. 5 Tieren, war die Verteilung nur noch knapp bzw. nicht mehr signifikant von einer Zufallsverteilung verschieden (Tab. A2). Während den einzelnen FE hielt sich *C. pullus* vorwiegend in Z4 und Z3 auf. Einzelne Tiere fingen wir auch in Z1, Z2 und Z5, jedoch fast keine in Z6 (Abb. A7-A12). Die höchste gefundene Anzahl Tiere in einer $5 \times 5 \text{ m}$ -Teilfläche waren 15 Individuen (0.6 Ind./m^2). Solche Dichten fanden wir nur auf 2 Teilflächen der Z4.

4.2. Habitatpräferenz auf der Pullus-Insel

4.2.1. Charakterisierung der 6 Zonen

Vegetationsdeckung und Gehölzhöhe (Tab. 4)

Die auffälligsten Unterschiede zwischen den 6 Zonen betrafen die Vegetationsdeckung und die Gehölzhöhe. Beide Parameter waren positiv miteinander korreliert und es ergab sich ein Gradient von zunehmender Vegetationsdeckung und Gehölzhöhe von Z1 zu Z6.

Zonen 1 – 3: Mit nur 11 % war die Vegetationsdeckung in Z1 und Z2 am geringsten. Die beiden Zonen waren dadurch sehr offen und die vorhandenen Gehölze mit einer maximalen Höhe von <1 m klein. In Z3 war die Vegetationsdeckung mit 44 % deutlich höher, was hauptsächlich auf das Vorkommen der Lavendelweide (*Salix elaeagnos*) zurückzuführen war. Die Projektion der Kronen dieser Büsche deckte einerseits eine relativ grosse Fläche auf dem Boden ab, andererseits liessen ihre locker angeordneten, rutenartigen Äste noch sehr viel Licht bis zum Boden hindurch dringen. Die Krautschicht wurde von den Weiden zwar überdeckt, konnte aber dennoch gedeihen. In Z3 war über die Hälfte der Fläche nicht mit Vegetation bedeckt (57 %) und die Lavendelweiden massen durchschnittlich maximal 187 cm.

Zonen 4 – 6: In Z4 waren die vegetationsbedeckten und die offenen Flächen etwa gleich gross (49 bzw. 51 %). Die Gehölze waren niedriger als in Z3 (128 cm) und überdeckten nur 23 % der Zone. Der grössere Teil der Vegetationsdeckung wurde von der Krautschicht eingenommen (26 %). In Z5 und Z6 nahm die Vegetationsdeckung weiter zu, wobei in Z5 noch ein Drittel der Fläche offen war, in Z6 nur noch 5 %. In beiden Zonen machten die Gehölzpflanzen die hohe Vegetationsdeckung aus. In Z6 überdeckten bis zu 4 m hohe Bäume 88 % der Fläche.

Bodenoberfläche (Tab. 5)

Allen 6 Zonen wiesen eine mosaikartige Struktur auf: Verschieden grosse Steine, Sand, Streu, Totholz und einzelne Pflanzen wie Gräser oder Kräuter (Dicotyle) setzten sich zu einer heterogenen Oberfläche zusammen. Unterscheiden konnte man die Zonen anhand der Häufigkeit der einzelnen Elemente, wobei die Vegetationsanteile von Z1 zu Z6 eher zu- und die mineralischen Substrate Sand, Kies, Steine und Blöcke eher abnahmen.

Zonen 1 – 3: Die bezüglich Vegetationsdeckung und Gehölzhöhe sehr ähnlichen Z1 und Z2 zeigten eine unterschiedliche Zusammensetzung ihrer Bodenoberflächen. Z1 wies von allen 6 Zonen den grössten Anteil von Kies (9 %), Steinen (30 %) und Blöcken (11 %) auf und Z2 bestand hauptsächlich aus Sand (72 %). Mit dem kleinen Anteil von weniger als 10 % Bodenvegetation waren sich beide Zonen recht ähnlich, wobei Z1 leicht mehr Dicotyle aufwies. Z3 glich bezüglich der Bodenoberfläche mit seinem hohen Sandanteil von 66 % stark Z2, hatte aber wie Z1 etwas mehr Krautpflanzen als Z2.

Zonen 4 – 6: Z4 wies mit 30 % Bodenvegetation den zweithöchsten Anteil der 6 Zonen auf, wobei sich dieser hauptsächlich aus dicotylen Pflanzen zusammensetzte. Nur in Z6 konnten wir noch mehr Dicotyle und einen grösseren Gesamtvegetationsanteil (69 %) feststellen. Neben dem hohen Anteil an Vegetation bestand Z4 noch aus Sand (39 %) und Steinen (15 %). Die Bodenoberfläche von Z5 glich derjenigen in Z4, hatte jedoch nur halb so viele Dicotyle, weniger Sand und Steine, jedoch deutlich mehr Streu (25 %).

Die vegetationsreichste Zone war Z6: Hier waren 69 % der Bodenoberfläche mit Vegetation bedeckt. Neben den grössten Anteilen von Krautpflanzen fanden wir auch die grössten Anteile von Gräsern und Stammquerschnitten von Gehölzpflanzen. Die restliche Bodenoberfläche war mit Streu (16 %) und Totholz (8 %) belegt.

Klimawerte im Tagesverlauf

Die Messungen ergaben, dass sich die 6 Zonen klimatisch voneinander unterschieden. Diese Unterschiede waren 1 Meter über dem Boden ausser bei der Windgeschwindigkeit tendenziell kleiner als auf der Bodenoberfläche. (Abb. 8-14).

Temperatur: Der Temperaturverlauf auf der Bodenoberfläche war in allen 6 Zonen ähnlich. Die tiefsten Werte massen wir am Morgen und die höchsten über den Mittag oder am Nachmittag (Abb. 8). Im Tagesmittel war Z6 mit 30 °C die kühlsste und Z4 mit 36 °C die wärmste der 6 Zonen (Max.: 58 °C in Z3, 24.6.). Besonders am Morgen stiegen die Temperaturen in Z4 deutlich höher als in den anderen Zonen. Mit 25 °C im ersten Durchgang war Z4 ca. 3 °C wärmer als die zu diesem Zeitpunkt zweitwärmste Z3. Der Verlauf der Temperaturen auf 1 Meter Höhe war ähnlich wie auf der Bodenoberfläche, jedoch leicht kühler. Diese Differenz betrug am Morgen knapp 2 °C und über Mittag mehr als 8 °C. Die Unterschiede zwischen den Zonen waren für die Lufttemperatur geringer als am Boden (Streuungsbreite: Z1: 26 °C, Z4: 28 °C) (Abb. 9).

Rel. Luftfeuchtigkeit: Die Bodenoberfläche war in allen Zonen durch den Tau der Nacht morgens am feuchtesten und bei Sonnenhöchststand am trockensten (Abb. 10). Im Tagesmittel war Z4 die trockenste (31 %) und Z6 die feuchteste Zone (39 %) (Min.: 11 % in Z2, 24.6.). Wie bei der Temperatur unterschied sich Z4 am Morgen von den übrigen Zonen und war mit 48 % im ersten Durchgang fast 7 % trockener als die zu diesem Zeitpunkt zweitrockenste Z2.

Auf 1 Meter Höhe war die relative Luftfeuchtigkeit tiefer als auf der Bodenoberfläche. Dieser Unterschied bewegte sich um die 2 % und war nur am Morgen mit 4 % grösser. Die Unterschiede zwischen den Zonen waren auf dieser Höhe geringer als am Boden (Streuungsbreite: Z4: 30 %, Z1 u. Z6: 34 %) (Abb. 11).

Windgeschwindigkeit: Allgemein kann gesagt werden, dass die Windgeschwindigkeiten mit zunehmender Vegetationsdeckung und -höhe schwächer wurden. Die windigsten Zonen waren Z1 und Z2 (0.4 m/s) und die windstillste war Z6 (0.16 m/s). Z4 bewegte sich mit 0.23 m/s im Mittelfeld aller Zonen (Abb. 12). Im Verlauf des Tages nahmen die Geschwindigkeiten auf der Bodenoberfläche leicht zu, um dann am Abend wieder abzuflauen. Die höchsten Windgeschwindigkeiten registrierten wir mit 1.14 m/s in Z1 (23.7.).

Auf 1 Meter Höhe zeigten die Windgeschwindigkeiten einen ähnlichen Tagesverlauf wie am Boden. Sie waren hier jedoch fast immer mehr als doppelt so gross als am Boden. Auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Zonen waren hier grösser (Streuungsbreite: Z6: 0.2 m/s, Z1: 0.9 m/s) (Abb. 13).

Beschattung: Ähnlich wie die Windgeschwindigkeit war auch der Schatten eng mit der Vegetationsstruktur innerhalb der Zonen gekoppelt. Entsprechend zeigten sich Z6 mit durchschnittlich 78 % und Z5 mit 63 % Schattenanteil als die schattigsten Zonen. Die anderen waren mit Schattenanteilen von 20 % (Z3, Z4) oder weniger (Z1, Z2) sehr sonnig. Auch bei tiefem Sonnenstand lag die Beschattung in diesen Zonen stets unter 40 %, wobei Z2 und Z4 gar unter 30 % blieben (Tab. 4 u. Abb. 14).

4.2.2. Abundanzen und Geschlechterverhältnisse

Im Juni und Juli wurden insgesamt 737 Individuen registriert (288 ♀♀, 449 ♂♂). Im Juni lagen die Beobachtungszahlen um 25 % höher als im Juli (Tab. 6).

Die 4 Zählungen zeigten, dass *C. pullus* die Zonen unterschiedlich dicht besiedelte. 60 % der Tiere fanden wir in Z4, 21 % in Z3, 9 % in Z5, 6 % in Z2 und in den grössten Zonen Z1 3 % und Z6 1 % (Tab. 6). Die Präferenz für Z4 kam auch in den Individuendichten im Juni und im Juli zum Ausdruck (Tab. A3). *C. pullus* kam immer in Z4 mit den höchsten und in Z3 mit den zweithöchsten Dichten vor, letztere waren aber jederzeit weniger als halb so gross wie diejenigen in Z4. Die geringsten Abundanzen erfassten wir in Z1 und Z6 (Abb. 15 u. Tab. A3). Diese ungleichmässige Verteilung von *C. pullus* wurde auch durch die statistische Auswertung bestätigt ($p_{\text{Zählung 1-4}} < 0.001$). Die beobachteten Abundanzen unterschieden sich kaum für die Geschlechter.

Die in den 4 Zählungen registrierten Männchen und Weibchen ergaben ein signifikant vom 1:1-Verhältnis abweichendes Geschlechterverhältnis (Männchenüberschuss) ($p_{\text{Zählung 1-4}} < 0.04$) (Tab. 6). In den einzelnen Zonen zeigte sich nur in Z4 eine signifikante Abweichung mit z. T. mehr als doppelt so vielen Männchen wie Weibchen. Da hier die meisten Tiere gezählt wurden, kam das insgesamt signifikant unausgeglichene Geschlechterverhältnis durch diese Zone zu Stande. In den anderen Zonen waren die Geschlechterverhältnisse ausgeglichen oder die Beobachtungszahlen waren zu klein, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Letzteres gilt v. a. für Z1 und Z6 und die Zählung im Juli (Tab. 6).

4.3. Habitatpräferenz im Russenbrunnen

4.3.1. Charakterisierung der beiden Substrattypen „bemoost“ und „entmoost“

Vegetationsdeckung und Gehölzhöhe (Tab. 4)

Auf den entmoosten Flächen waren 51 % der Fläche vegetationsfrei, während auf denjenigen mit Moos nur 24 % offen waren. Die hohe Vegetationsdeckung von 76 % auf den bemoosten Flächen bestand zu mehr als einem Drittel aus der Moosdeckung. Ohne den Moosanteil wäre die Vegetationsdeckung der beiden Substrattypen praktisch identisch (44 bzw. 49 %). Die vorhandenen Gehölzpflanzen waren auf beiden Substrattypen ca. 50 cm hoch und fielen quantitativ kaum ins Gewicht.

Bodenoberfläche (Tab. 5)

Die Unterschiede zwischen den beiden Substrattypen waren hauptsächlich auf den Anteil des vorhandenen Mooses zurückzuführen, denn sonst waren sie sich sehr ähnlich. Der Vegetationsanteil betrug auf den Flächen mit Moos 71 und auf jenen ohne 42 %, wobei der Hauptunterschied der Moosanteil war (29 % gegenüber 6 %). Die vereinzelt vorkommenden Gräser wurden auf beiden Substrattypen durch die zufällig ausgewählten Aufnahmeflächen nicht erfasst. Der hohe Moosanteil auf den bemoosten Flächen widerspiegelt sich auch beim Gesteinsanteil auf der Bodenoberfläche. Da die dicke Mooschicht den steinigen Untergrund bedeckte, war v. a. der Kies- und Steinanteil auf der Fläche mit Moos kleiner als auf der entmoosten. Je nach dem wie weit die Steine aus dem Boden ragten, wurden von der Moosdecke

auch über faustgrosse Steine bedeckt. Dagegen wurden die Blöcke von der Mooschicht nicht beeinflusst und ihr Anteil war auf beiden Substraten gleich gross. Sand war auf beiden Flächen kaum vorhanden.

4.3.2 Abundanzen auf den beiden Substrattypen „bemoost“ und „entmoost“

Die Individuendichten waren mit Ausnahme des 16. Juni auf den Gebieten ohne Moos bis über 3 Mal grösser als auf jenen mit Moos (Abb. 16). Die Chi²-Tests ergaben, dass sich die Verteilung von *C. pullus* ausser im Juni (FE 1) signifikant von einer gleichmässigen Verteilung unterschied und sich mehr Tiere auf den entmoosten Flächen aufhielten als unter einer Gleichverteilung erwartet ($p_{\text{Suchtage } 3-10} < 0.001$). Diese Substratpräferenz zeigten beide Geschlechter. Die Abb. A2-A6 zeigen, dass *C. pullus* im Verlauf des Sommers zunehmend auf die entmoosten Flächen wechselte.

4.4. Mikroklimawahl auf der Pullus-Insel

4.4.1. Zonenklimata in der optimalen Zone 4 und in den suboptimalen Zonen 1 und 5

Die klimatischen Messungen an den je 10 Zufallspunkten auf der Bodenoberfläche der Zonen 1, 4 und 5 zeigten wie schon die Klimamessungen im Tagesverlauf (s. 4.2.1.), dass sich die Zonen klimatisch voneinander unterschieden. Die Messergebnisse deuteten darauf hin, dass die drei Untersuchungstage im Juli wärmer und trockener waren als diejenigen im August. Die Windgeschwindigkeiten der beiden Monate unterschieden sich hingegen kaum (Abb. 17-19).

Temperatur: Mit Tagesmitteln von 37.3 °C im Juli und 28.5 °C im August auf der Bodenoberfläche war Z4 in beiden Monaten die wärmste der Zone. Z5 war 2 bis 3 °C und Z1 3 bis 4 °C kühler als Z4. Z1 erwies sich als die kühlfste der drei Zonen (Abb. 17). Diese Unterschiede sind statistisch nicht gesichert. Den höchsten Einzelwert registrierten wir mit 49 °C in Z4 (14.7., Nachmittag) und den tiefsten mit knapp 15 °C in Z5 (9.8., Vormittag).

Rel. Luftfeuchtigkeit: Die Messungen ergaben, dass Z4 im Tagesdurchschnitt mit 23.1 % im Juli und 27.3 % im August auf dem Boden neben der wärmsten auch die trockenste Zone war. Die beiden anderen Zonen erwiesen sich 2 bis 7 % (Z1) sowie 4 bis 13 % (Z5) feuchter als Z4. Die feuchteste der drei Zonen war somit Z5 (Abb. 18). Statistisch war nur Z5 mit 40.2 % im August signifikant feuchter als Z4 (U-Test: $p < 0.01$). Die höchste Feuchtigkeit auf der Bodenoberfläche massen wir mit 71 % in Z5 (9.8., Vormittag) und die tiefste mit 12 % in Z1 (15.7., Nachmittag).

Windgeschwindigkeit: In Z4 und Z5 herrschten mit Geschwindigkeiten von durchschnittlich 0.2 m/s oder weniger im Juli und im August nahezu windstille Verhältnisse. Z1 war mit Mittelwerten um 0.6 m/s die windigste Zone (Abb. 19). Die Unterschiede zwischen Z4 und den beiden anderen Zonen waren z. T. auch statistisch signifikant: Z1 wies in beiden Monaten höhere Windgeschwindigkeiten auf als Z4 (U-Test: $p < 0.01$) und Z5 im Juli tiefere als Z4 (U-Test: $p = 0.03$). Die höchsten Werte stellten wir mit 2.13 m/s in Z1 (15.7., Nachmittag) und die tiefsten mit 0 m/s in Z5 fest (15.7. und 9.8., Vormittag).

4.4.2. Aufenthaltsorte der Heuschrecken

Für die Mikroklimawahl konnten insgesamt 89 *C. pullus* erfasst werden (41 ♀♀, 48 ♂♂). In Z1 gelangen die wenigsten Funde (17 Tieren). In Z5 waren es 32, und nur in Z4 konnte die geplante Anzahl von 40 Tieren pro Zone über Juli und August erreicht werden (Tab. A4). Knapp die Hälfte der erfassten Individuen entdeckten wir auf dem Boden (43 Tiere). Die restlichen Individuen verteilten sich mit abnehmender Häufigkeit an erhöhten Stellen, vorwiegend auf Krautpflanzen (v. a. *Astragalus onobrychis*) und auf Steinen. Das höchste gefundene Tier befand sich auf 32 cm und war ein Weibchen (Abb. 20).

4.4.3. Mikroklima an den Aufenthaltsorten

Die Messungen an den Fundorten von *C. pullus* ergaben nur minimale Unterschiede zwischen den Aufenthaltsorten in den Zonen 1, 4 und 5 (Abb. 17-19). Statistisch unterschieden sich nur die Fundorte in Z5 im August bei der Feuchtigkeit von denjenigen in Z4 desselben Monats.

Temperatur: Die Mittelwerte an den Fundorten bewegten sich im Juli zwischen 32.8 und 33.6 °C und im August zwischen 28.3 und 28.5 °C (Abb. 17). Die Tiere suchten im Vergleich zum Zonenklima im wärmeren Juli kühlere und im kühleren August wärmere Orte auf. Im Juli waren die Aufenthaltsorte in Z4 im Vergleich zum Zonenklima sogar signifikant kühler (U-Test: $p = 0.03$). Die tiefste Temperatur an einem Fundort war 21 °C (Z5, 9.8.) und die höchste knapp 40 °C (Z5, 13.7.).

Rel. Luftfeuchtigkeit: Die Tiere wählten in beiden Monaten ähnlich trockene Aufenthaltsorte aus (Abb. 18). Die Mittelwerte an den Fundorten lagen zwischen 22.8 und 24.3 %. Nur die Fundorte aus Z5 waren im August signifikant feuchter als jene in Z4 (U-Test: $p < 0.01$). Demnach hielt sich *C. pullus*, den klimatischen Möglichkeiten der Zonen entsprechend, an recht trockenen Stellen auf (s. auch Abb. 10). Die tiefsten Werte an einem Fundort registrierten wir mit 14 % (Z4, 14.7., Nachmittag) und die höchste mit 49 % (Z4, 10.8., Vormittag).

Windgeschwindigkeit: In beiden Monaten wählten die Tiere Aufenthaltsorte mit Windgeschwindigkeiten, die sich im Mittel zwischen 0.48 und 0.15 m/s bewegten (Abb. 19). Im Vergleich zum Zonenklima in Z1 hielten sich die Tiere in beiden Monaten an windstilleren Orten auf. Im kühleren August waren diese sogar signifikant windstill (T-Test: $p < 0.01$). Im Gegensatz dazu fanden wir *C. pullus* in Z4 und Z5 an Stellen, die im Vergleich zum Zonenklima höhere Windgeschwindigkeiten aufwiesen. Für die Z5 waren diese Unterschiede zwischen dem Zonenklima und den Fundorten für beide Monate signifikant (Juli: U-Test: $p < 0.01$, Aug.: T-Test: $p < 0.01$). Die höchste Geschwindigkeit bestimmten wir mit 1.98 m/s in Z4 (13.7., Nachmittag).

4.4.4. Präferenzen bei der Mikroklimawahl

Die Auswertung der von *C. pullus* ausgewählten Mikroklimata mit der Regressionsanalyse ergab, dass sich die Tiere ihre Aufenthaltsorte in Abhängigkeit des zum Fundzeitpunkt herrschenden Zonenklimas gezielt aussuchten (Abb. A13-A21).

Temperatur: Die Regressionsanalyse ergab für alle drei Zonen eine signifikante, negative Korrelation der Temperatur am Aufenthaltsort mit der mittleren Oberflächen-Temperatur der Zone zum Zeitpunkt des Tierfundes ($p < 0.01$). Aus den Abb. A13-A15 ist ersichtlich, dass sich die Tiere in allen drei Zonen mit zunehmender Oberflächen-Temperatur immer kühlere Mikrohabitate aussuchten (Max.: 9 °C kühler am 14.7.). Im Gegensatz dazu wählten die Heuschrecken bei kühlen Temperaturen in den Zonen bis zu 7.7 °C wärmere Orte aus (Z1, 8.8.). Die Analyse mit Vierfeldertafeln zeigte, dass sich in Z1 und Z4 Tiere mit erhöhten Aufenthaltsorten an kühleren und solche am Boden an wärmeren Stellen aufhielten ($p_{Z1} = 0.01$; $p_{Z4} = 0.03$; $p_{Z5} = 0.25$).

Rel. Luftfeuchtigkeit: Der χ^2 -Test zeigte, dass *C. pullus* in Z1 und Z5 (jedoch nicht in Z4) signifikant häufiger an trockenere Orten gefunden wurde als unter einer Gleichverteilung zu erwarten war ($p_{Z1+Z5} = 0.03$; $p_{Z4} = 0.53$). Anhand der Regressionsanalyse ist zu sehen, dass die Tiere ihre Mikroklimata ähnlich auswählten wie bei der Temperatur: In Z1 und in Z5 suchten sie mit zunehmender Feuchtigkeit auf dem Boden signifikant trockenere Mikrohabitate auf ($p \leq 0.01$). In Z4 war dies weniger deutlich ausgeprägt ($p = 0.19$) (Abb. A16-A18).

Windgeschwindigkeit: Die Regressionsanalyse zeigte, dass die Tiere nur in Z1 mit zunehmenden Geschwindigkeiten windgeschützte Stellen aufsuchten ($p < 0.01$). In Z4 und Z5 hielten sie sich vorwiegend an Orten mit höheren Geschwindigkeiten auf. In diesen Zonen registrierten wir jedoch auch nur geringe Windgeschwindigkeiten während den Fundzeitpunkten und die Tiere waren kaum hohen Windgeschwindigkeiten ausgesetzt (Abb. A19-A21). Die Auswertung der Vierfeldertafeln ergab, dass sich in Z1 und Z4 Tiere mit erhöhten Aufenthaltsorten an Stellen mit höheren Windgeschwindigkeiten und solche am Boden mit niedrigeren aufhielten ($p_{Z1} = 0.04$; $p_{Z4} = 0.02$; $p_{Z5} = 0.17$).

5. Diskussion

5.1. Populationsstruktur

5.1.1. Fang-Wiederfang- und Petersen-Methode

Russenbrunnen: Die von uns verwendete Fang-Wiederfangmethode zur Schätzung der Populationsgrösse hat sich v. a. in diesem Untersuchungsgebiet als gute und geeignete Technik erwiesen. Begünstigt durch die homogene und niedrige Vegetation konnten wir hier die Tiere sehr gut einfangen und so eine grosse Untersuchungsfläche bearbeiten, welche auch den grössten Teil der Population in diesem Gebiet beinhaltete. Als weiteren Vorteil zeigten sich die für *C. pullus* ungünstigen Vegetationsverhältnisse (Auenwald, hohe, dichte Gruppen v. Büschen), welche RU abgesehen vom Osten in allen Himmelsrichtungen umgaben und dadurch die Migration zwischen dem untersuchten Gebiet und der Umgebung minimierten. Aus diesen Gründen lieferte die Petersen-Methode für jedes FE sinnvolle Schätzungen der Populationsgrössen. Einzig der Wert für FE 1 ist vermutlich zu hoch, denn aus uns nicht bekannten Gründen fingen wir am 2. Fangtag dieses FE relativ wenige Tiere vom Vortag wieder. Dies führte rechnerisch zu einer grossen Populationsschätzung, welche zugleich zur grössten Schätzung der Russenbrunnen-Population wurde. Hätten wir jedoch am 2. Fangtag des FE 1 einige Tiere mehr wiedergefangen, wäre die Population zu diesem Zeitpunkt kleiner geschätzt worden und hätte ihr Maximum am FE 2 erreicht (was aufgrund der höchsten Fangzahlen im FE 2 auch unseren Erwartungen entsprochen hätte). Da die Schätzung vom FE 2 mit 312 Tieren leicht kleiner war als diejenige von FE 1, wäre auch die daraus abgeleitete Populationsgrösse im gesamten Russenbrunnen etwas weniger gross geworden als die geschätzten 920 Tiere.

Pullus-Insel: Hier hat sich die Fang-Wiederfangmethode weniger gut bewährt. Da in PU alle 6 Zonen vertreten waren, war die Vegetation entsprechend heterogen. Die Tiere konnten sich darin besser verstecken und waren schwieriger zu fangen. Im Gegensatz zu RU war PU nicht durch natürliche Vegetationsbarrieren eingegrenzt, sondern gegen Osten (in Z4) und Westen (in Z3) relativ offen. Da wir in diesen Grenzbereichen zu den benachbarten, gleichen Zonen die höchsten Dichten feststellten, war ein Austausch von Individuen zwischen der Untersuchungsfläche und der unmittelbaren Umgebung nicht ausgeschlossen. Die mögliche Migration könnte erklären, weshalb der Anteil neu markierter Tiere am 1. Tag eines FE bis zum Ende des Sommers nicht unter 50 % sank (Abb. A1). Diese für die Populationsschätzung eher ungünstigen Umstände könnten dazu geführt haben, dass die Bedingung einer geschlossenen Population z. T. nicht erfüllt war. Für die Schätzung hätte eine vermehrte Abwanderung markierter und die Zuwanderung unmarkierter Tiere die Konsequenz, dass die Population zu jedem FE leicht überschätzt wurde. Ein solcher Fehler würde umso grösser, je länger der zeitliche Abstand zwischen den beiden Fangtagen eines FE wäre. Da wir beim FE 2 aufgrund ungünstiger Wetterbedingungen den 2. Fangtag nicht am folgenden sondern erst am übernächsten Tag durchführen konnten, ist eine Überschätzung der Population zu diesem Zeitpunkt sehr wahrscheinlich. Aus diesem Grund schätzten wir die Gesamtpopulation auf der Pullus-Insel nicht mit den Daten der Fang-Wiederfangmethode, sondern mit den Zählungen der Tiere in den Zonen, was zu einem realistischen Ergebnis führte. Durch diese Erfahrungen scheint uns, dass in Gebieten mit heterogener Vegetationsstruktur eine Zählmethode, wie wir sie in den Zonen anwendeten, eine durchaus geeignete Erfassungstechnik sein kann.

5.1.2. Populationsgrößen und Abundanzen

Die Populationsstruktur, insbesondere die maximale Populationsgröße, der adulten Heuschrecken ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu gehören die Fekundität der Vorjahrespopulation sowie die Überlebensraten der einzelnen Entwicklungsstadien im Untersuchungsjahr, wobei hier u. a. Feinde, Krankheiten oder die klimatischen Verhältnisse eine Rolle spielen. Ausführliche Angaben dazu liefern INGRISCH & KÖHLER (1998). Da die Größe vieler Heuschreckenpopulationen von Generation zu Generation natürlichen Schwankungen unterworfen ist, braucht es vieljährige abundanzdynamische Untersuchungen, um diese Fluktuationen von der langfristigen Populationsentwicklung zu unterscheiden. Da uns solch mehrjährige Studien fehlen, müssen die vorliegenden Zahlen zur Populationsstruktur der untersuchten Populationen als Momentaufnahme eines langfristigen Prozesses angesehen werden.

Obwohl die Populationsstruktur im Russenbrunnen 2002 durch FREIVOGEL (2003) untersucht wurde, gilt diese Momentaufnahme auch für diese Population, denn aufgrund nicht erfüllter Bedingungen des verwendeten Schätzmodells konnte damals die Populationsgröße nicht genau ermittelt werden. Deshalb kann über die Populationsentwicklung im Russenbrunnen von 2002 bis heute nur spekuliert werden. Anhand seiner Daten vermutete FREIVOGEL (2003) im Gebiet des Russenbrunnens eine maximale Population von „nicht weit über 500 Individuen“. Im Vergleich mit unserer Schätzung von 920 Individuen wäre eine positive Populationsentwicklung in den letzten 3 Jahren durchaus möglich. Über die möglichen Gründe, die zur vermuteten Zunahme geführt haben könnten, lässt sich anhand unserer Daten nichts Genaueres sagen. Jedoch könnten neben den günstigen Witterungsbedingungen in diesem Jahr auch die 2004 durchgeführten Pflegemaßnahmen ihren Teil zur positiven Populationsbilanz beigetragen haben.

Bislang existieren für *C. pullus* nur wenige populationsökologische Untersuchungen, welche auch Schätzungen der Populationsgrößen und daraus abgeleitete Abundanzen beinhalten. Zwei Studien beschäftigten sich ausführlich mit Populationen an der Isar in Südbayern (D) (JANSSEN 1993) und an der Taugl in der Nähe von Salzburg (A) (SCHWARZ-WAUBKE 1997, 1998, 2001). In beiden Studien wurden Kiesbänke von Alpenflüssen und somit derselbe Biotoptyp wie in unserer Untersuchung bearbeitet. JANSSEN (1993) verwendete wie wir die Fang-Wiederfangmethode und schätzte die Populationsgröße mit dem Lincoln-Index (ähnlich Petersen-Methode). Dabei ermittelte er auf seinen 4 Untersuchungsflächen Individuendichten von 0.06-0.26 Ind./m². SCHWARZ-WAUBKE (2001) erfasste die Heuschrecken mit der Transektmethode und erhielt so für ihre 5000 m² grosse Untersuchungsfläche Abundanzen von 0.38 Ind./m² (1993) und 0.54 Ind./m² (1994). Unsere Dichten liegen mit 0.11 Ind./m² (Pullus-Insel, ~14'000 m²) und 0.25 Ind./m² (Russenbrunnen, 3680 m²) im Bereich der Werte von JANSSEN (1993). Berücksichtigt man aber auch die Abundanzen der 4 Zählungen in der optimalen Z4, so erhält man mit 0.39-0.8 Ind./m² (\bar{x} : 0.55 Ind./m²) ähnlich hohe Dichten wie SCHWARZ-WAUBKE (2001). Vergleicht man die Dichten in INGRISCH & KÖHLER (1998) mit solchen anderer *Chorthippus*-Arten, dann liegt man etwa im unteren bis mittleren Bereich der Abundanzen nahe verwandter Arten. Die Gründe für die eher geringeren Dichten von *C. pullus* könnten mit seinem bevorzugten Lebensraum, hier Kiesbänke von Alpenflüssen, in Zusammenhang stehen. Solche Pionierstandorte sind einerseits durch die Dynamik des Wassers und die natürliche Sukzession geprägt und unterstehen einer ständigen Habitatveränderung und andererseits sind sie deutlich unproduktiver als reife Grünlandhabitats und das damit verknüpfte Nahrungsangebot ist unvergleichlich kleiner. Diese Eigenschaften verhindern, dass Pionierarten wie *C. pullus* hohe Abundanzen erreichen. Die gröss-

ten Grashüpferdichten findet man oft auf schwach gedüngten Wiesen. Doch sind es nur wenige Arten, die davon profitieren, z. B. *C. parallelus*, *C. albomarginatus* oder *C. dorsatus* (INGRISCH & KÖHLER 1998).

5.1.3. Phänologie und Geschlechterverhältnis

Die beiden Populationen im Russenbrunnen und auf der Pullus-Insel zeigten einen identischen phänologischen Verlauf wie diejenigen von FREIVOGEL (2003) und jene von SCHWARZ-WAUBKE (2001). Die ersten adulten *C. pullus* traten sowohl im Russenbrunnen als auch auf der Pullus-Insel Anfang Juni auf. Da wir an beiden Standorten die meisten Tiere während des 2. FE Ende Juni / anfangs Juli fingen, vermuten wir auch das Populationsmaximum in diesem Zeitraum. Danach wurden die Populationen immer kleiner, bis wir am 2. September unsere Untersuchungen aufgrund sehr kleiner Fangzahlen auf PU einstellten. Ein Kaltlufteinbruch mit einem Temperaturrückgang auf Werte deutlich unter dem langjährigen Mittel könnte Mitte September dazu geführt haben, dass die meisten der verbleibenden Imagines beider Populationen starben (Wetterdaten: Schweizerische Meteorologische Anstalt SMA, Monatstabelle September, Sion). Im Vergleich dazu fand NADIG (1986) *C. pullus* im Unterengadin von Mitte Juli bis Ende September und JANSSEN (1993) in Bayern von Ende Juni bis Ende September. Dieses spätere Auftreten der Art dürfte mit der etwas höheren Lage und dem damit verbundenen Lokalklima in Zusammenhang stehen: NADIG (1986): Inn (CH), 1000-1200 m.ü.M; JANSSEN (1993): Isar (D), 750-875 m.ü.M; SCHWARZ-WAUBKE (2001): Taugl (A), 450 m.ü.M; vorliegende Arbeit: 552 m.ü.M.. Dass die Populationen im Pfywald und diejenige von SCHWARZ-WAUBKE (2001) eine identische Phänologie zeigten obschon der Höhenunterschied ca. 100 m beträgt, könnte mit dem für Heuschrecken günstigen kontinentalen Klima des Zentralwallis erklärt werden, welches an der Taugl fehlte.

Das Geschlechterverhältnis ist bei zahlreichen Heuschreckenarten im Frühjahr zunächst ausgeglichen, weist dann im Verlauf des Sommers jedoch einen Weibchenüberschuss auf (KÖHLER & BRODHUN 1987, REICH 1991, JANSSEN 1993). SCHWARZ-WAUBKE (2001) fand 1994 in ihrem Transekt Anfang Juni gar nur Männchen und schloss daraus auf eine proterandrische Entwicklung. Nach KÖHLER & BRODHUN (1987) könnte dies darauf beruhen, dass sich die männlichen Larven etwas eher häuten als die weiblichen, demzufolge aber auch als Imagines eher sterben und dadurch in der Altersphase der Population der Anteil an Weibchen überwiegt.

Russenbrunnen: Hier zeigte das Geschlechterverhältnis einen ähnlichen Verlauf wie oben beschrieben, mit mehr Männchen zu Beginn des Sommers und mehr Weibchen im Verlauf der Phänologie. Der Geschlechteranteil war jedoch zu keinem Zeitpunkt von einem 1:1-Verhältnis abweichend.

Pullus-Insel: Im Gegensatz dazu entsprach der Geschlechteranteil am 2. Standort nicht den Erwartungen eines ausgeglichenen Verhältnisses. Hier machte sich ab Juni ein Männchenüberschuss bemerkbar (Abb. 6 u. Tab. 6). Dies könnte auf PU mit der heterogenen Vegetation und den erschwerten Fangbedingungen in Zusammenhang stehen: Gemäss eigenen Beobachtungen verlassen sich weibliche *C. pullus* bei auftretender Gefahr länger auf ihre kryptische Färbung als männliche. Sie verharren länger unbeweglich oder ziehen sich langsam in eine Versteckmöglichkeit zurück, bevor sie sich im letzten Moment durch einen Sprung in Sicherheit bringen und dadurch auffallen. Aus diesem Grund könnten die Weibchen auf PU öfter übersehen worden sein als die Männchen. Da aber auch in Z4 ein Männchenüberschuss erfasst

wurde, obschon diese Zone von den Fangbedingungen und der Übersichtlichkeit den Verhältnissen auf RU entsprach, ist das weibliche Verhalten bei Gefahr nur bedingt eine Erklärung. Auch unterschiedliche Witterungsbedingungen sind als Erklärung unzureichend, da man annehmen kann, dass an beiden Standorten ähnliche makroklimatische Verhältnisse herrschten. Als Grund für den Männchenüberschuss kämen Faktoren in Frage, die sehr lokal, d.h. auf der Pullus-Insel oder gar nur in Z4, die Mortalität der Weibchen in einem beliebigen Entwicklungsstadium erhöhen. Dies könnten u. a. mikroklimatische Verhältnisse, Feinde oder Krankheiten sein. Dazu fehlen uns jedoch Beobachtungen. Eine weitere Möglichkeit könnte ein weibchenspezifisches Verhalten im späteren Sommer sein, welches z. B. mit der Suche nach geeigneten Eiablageplätzen in Zusammenhang stehen könnte. Eine solche Migration wäre auf PU durchaus denkbar, denn da im August in den Zonen keine Zählungen mehr durchgeführt wurden, wissen wir nicht, ob in dieser Phase der Phänologie z. B. in Z4 wieder mehr Weibchen vorhanden gewesen waren. Für diese Möglichkeit würde auch die Tatsache sprechen, dass *C. pullus* auf RU im Verlauf des Sommers fast nur noch auf den entmoosten Flächen gefunden wurde (s. 5.2.1.). Es könnte sein, dass die Weibchen dort günstigere Eiablageplätze fanden und deshalb auf diese Flächen wanderten. Zur Erhärtung dieser Möglichkeit fehlen uns aber die notwendigen Daten über bevorzugte Eiablageplätze oder zurückgelegter Wanderstrecken der Weibchen. Zudem bleibt die Frage offen, weshalb die Männchen auf PU zurückblieben und nicht den Weibchen folgten, wie sie dies möglicherweise auf RU gemacht haben.

5.2. Habitatpräferenz

Die Bindung der Heuschrecken an ein Habitat ist ein kompliziertes Faktorengefüge. Dies ergibt sich einerseits aus den Ansprüchen der Arten und ihren Entwicklungsstadien und andererseits aus den dynamischen Gegebenheiten ihres Lebensraumes (INGRISCH & KÖHLER 1998). In diesem Zusammenhang wird immer wieder die Bedeutung der Raumstruktur (HEYDEMANN 1956, SÄNGER 1977) und des Mikroklimas hervorgehoben (SÄNGER 1977, BROCKSPIEPER 1978). Allgemein gilt für die Entwicklungsstadien der Heuschrecken, dass warmtrockenes Wetter die Überlebensrate, Entwicklungsgeschwindigkeit und Fekundität erhöht, während Regen zum Wachstum der Nahrungspflanzen sowie zur Ablage und Entwicklung der Eier notwendig ist (INGRISCH & KÖHLER 1998). Es sind aber nicht nur die Witterungsbedingungen, welche die für Heuschrecken bedeutsamen mikroklimatischen Verhältnisse beeinflussen, sondern auch die in einem Biotop vorkommende Vegetation. Diese stellt den strukturierten Raum dar, in dem die gesamten Aktivitäten der Tiere ablaufen (INGRISCH & KÖHLER 1998). Daher müssen die Heuschrecken in ihrem Habitat neben dem ihnen zusagenden Mikroklima auch Nahrung, Sexualpartner oder Eiablageplätze finden, damit der Fortbestand gewährleistet ist. Während adulte Heuschrecken sehr mobil sein und das Optimum ihrer Bedürfnisse in einem grösseren Gebiet suchen können, sind Larven aufgrund ihrer geringen Mobilität darauf angewiesen, dass der Lebensraum ihren Ansprüchen auf kleinstem Raum gerecht wird.

5.2.1. Habitatwahl: Struktur

Wie in der Einleitung erwähnt kommt *C. pullus* in Mitteleuropa heutzutage noch im Alpenraum und in Ostdeutschland vor. Im Bundesland Sachsen wurde er von SCHÄDLER & STALDER (2000) an Heidestandorten und auf vegetationsarmen Flächen entlang von Waldwegen, von WIESENER ET AL. (2004) vorwie-

gend auf sandigen Heideflächen und im Alpenraum fast nur noch auf Kiesbänken von Alpenflüssen gefunden (u. a. JANSSEN 1993, SCHWARZ-WAUBKE 1997, THORENS & NADIG 1997, CARRON 1999, MÜLLER & ZETTEL 1999, MAAS ET AL. 2002, FREIVOGEL 2003, PFEUFFER 2004). Auf den ersten Blick wirken die bevorzugten Lebensraumtypen, Sandheiden und Kiesbänke von Alpenflüssen, sehr unterschiedlich. Sie verfügen jedoch beide über aneinander grenzende Flächen mit und ohne Pflanzenbewuchs. Aus dem Zusammenspiel offener und verschieden stark bewachsener Flächen ergeben sich in beiden Fällen mosaikartige Lebensräume, welche sich in Vegetationsstruktur und Mikroklima ähnlich sind (WIESENER ET AL. 2004).

Pullus-Insel: Auf den Kiesbänken zeigt *C. pullus* gemäss JANSSEN (1993) eine Präferenz für Bereiche mit geringer bis mittlerer Vegetationsdeckung (10-50 %). Bei SCHWARZ-WAUBKE (1997) bevorzugten die Männchen Stellen mit weniger als 33 % und die Weibchen mit weniger als 66 % Deckung der Vegetation. Auf vegetationsfreien Flächen, z.B. neu entstandenen Schotterbänken, die regelmässig überschwemmt werden können oder in Gebieten mit fortgeschrittener Sukzession und dichter Vegetation findet man die Art kaum oder nur vereinzelt (NADIG 1986, JANSSEN 1993, CARRON 1999). Diesem Bild entsprechen auch die Befunde zur Habitatwahl auf der Pullus-Insel. In Zonen mit sehr jungen oder stark fortgeschrittenen Sukzessionsstadien haben wir *C. pullus* nur vereinzelt gefunden. Stattdessen bevorzugte er das mittlere Sukzessionsstadium Z4, wo offene, vegetationsfreie Gebiete mit mineralischem Substrat (Sand, Steine) und von Pflanzen abgedeckte Flächen (v. a. Dicotyle) einen mosaikartigen Lebensraum bildeten. Hier finden die Tiere genügend Nahrung und Versteckmöglichkeiten sowie günstige Eiablageplätze (♀) und erhöhte Steine als Singwarten (♂). Dank der erhöhten und gegen das Ufer zurückversetzten Lage bleibt Z4 von normalen Hochwassern verschont.

Russenbrunnen: Hier zeigte *C. pullus* eine zunehmende Präferenz für die entmoosten Flächen. Dies könnte ein Hinweis auf die Vermutung von FREIVOGEL (2003) sein, dass die Entfernung der Moosdecke und somit das Freilegen des mineralischen Substrats bessere Eiablageplätze schaffen könnte und die Weibchen deshalb die moosfreien Flächen bevorzugt aufgesucht haben. Dass auch die Männchen dieselbe Präferenz zeigten, könnte mit der Anwesenheit der Weibchen und den damit verbundenen Paarungschancen zusammenhängen. Warum aber zeigten die Tiere ihre Präferenz nicht schon anfangs Sommer, wenn doch die moosfreien Flächen bereits im Vorjahr für die Eiablage vorhanden gewesen waren? Da im Rahmen dieser Arbeit weder die Verteilung der Larven im Frühjahr noch die Eiablageplätze im Herbst '04 bzw. '05 untersucht werden konnten, kann die Eiablageplatz-Hypothese nicht abschliessend geklärt werden. Unsere Untersuchungen zeigen aber, dass *C. pullus* Habitats bevorzugt, die auch offene Stellen mit mineralischem Untergrund umfassen. Dies bestätigt auch der Vergleich der entmoosten Flächen mit der bevorzugten Z4, welche sich bezüglich ihrer Zusammensetzung und Struktur von Bodenoberfläche und Vegetation sehr ähnlich sind.

5.2.2. Habitatwahl: Mikroklima

Über das von *C. pullus* bevorzugte Mikroklima ist noch wenig bekannt. NADIG (1986) bezeichnet die Art unter Berücksichtigung des Makroklimas, den Angaben von HARZ (1957) entsprechend, als xerothermophil und mikroklimatisch gesehen als mesohygro- und mesothermophil. Im Gegensatz dazu sah SCHWARZ-WAUBKE (1997) auch mikroklimatisch relativ heisse und trockene Bedingungen als wichtig an.

In beiden Arbeiten wurden aber keine klimatischen Messungen an Fundorten von *C. pullus* durchgeführt, sondern nur in den jeweiligen Habitaten. Unsere Messungen haben jedoch gezeigt, dass sich das Mikroklima am Aufenthaltsort z. T. signifikant von demjenigen im gesamten Habitat unterscheiden kann.

Gemäss unseren Messungen im Tagesverlauf bevorzugte *C. pullus* mit Z4 diejenige Zone, welche morgens auf der Bodenoberfläche die wärmste und die trockenste war. Dieses Ergebnis entspricht unseren Erwartungen, denn es ist ein Vorteil und für die Entwicklung und das Überleben der Larven und Imagines wichtig, wenn sie ihre Körpertemperatur am Morgen so schnell wie möglich erhöhen können. Aus diesem Grund meidet *C. pullus* am Morgen und am Mittag beschattete Flächen (FREIVOGEL 2003). Diese sind wegen der fehlenden Insolation auch als Eiablageplätze ungeeignet. Gemäss URECH (2003) bieten Stellen mit keiner oder nur einer Beschattung gegen Abend die thermisch besten Eiablageplätze. Mit der allgemein geringen Beschattung sind die Bedingungen in Z4 für *C. pullus* entsprechend günstig. In Abb. 14 ist zu sehen, dass Z4 und Z2 am Morgen die geringste Beschattung aller Zonen aufwiesen. Die zunehmende Beschattung und die sinkenden Lufttemperaturen gegen Abend wirken sich nicht mehr nachteilig aus, da die im Verlauf des Tages im Boden gespeicherte Wärme nun kontinuierlich freigesetzt wird und die bodennahen Luftschichten erwärmt. Diese Abstrahlung nutzen die Heuschrecken, um ihre Körpertemperatur am Abend möglichst lange hoch zu halten. Die tieferen Temperaturen und die höheren Luftfeuchtigkeiten in Z5 und Z6 stehen in engem Zusammenhang mit der Vegetationshöhe und der dadurch deutlich höheren Beschattung in diesen Zonen. Beide sind für *C. pullus* zum grössten Teil ungeeignet.

Die klimatischen Untersuchungen in der optimalen Z4 und den suboptimalen Z1 und Z5 haben gezeigt, dass sich einerseits die Zonenklimata von Z1 und Z5 z. T. signifikant von jenem in Z4 unterscheiden, dass aber *C. pullus* in den drei Zonen dieselben Mikroklimata aufsuchte. Da das Mikroklima sehr eng mit der jeweiligen Vegetation verknüpft ist, bedeutet dies, dass die Tiere in den suboptimalen Zonen diejenigen Mikrohabitate auswählten, welche bezüglich ihrer Vegetationsstruktur denjenigen in Z4 sehr ähnlich waren. Eigene Beobachtungen bestätigen diese Ergebnisse. Da in den suboptimalen Zonen solche Z4-ähnlichen Mikrohabitate eher selten waren, könnte dies u.a. ein Grund sein, weshalb *C. pullus* in Z1 und Z5 weniger häufig anzutreffen war. Z1 könnte ihm zu windig und zu kühl und Z5 zu feucht, zu schattig und damit zu kühl gewesen sein.

Z1: Durch die Nähe zur kalten Rhone und den geringen Vegetationsbewuchs wies Z1 trotz der hohen Insolation ein kühleres, feuchteres und signifikant windigeres Zonenklima auf als Z4 (Abb. 17-19). Hier fanden wir *C. pullus* an den Stellen, die eine höhere Vegetationsdeckung aufwiesen. Hier hatte es neben genügend Nahrung (v. a. *Astragalus onobrychis* STEINER (2006)) auch die Raumstruktur, in welcher die Tiere die benötigten windstillen und dadurch wärmeren und trockeneren Stellen fanden. Diese befanden sich vorwiegend auf der Bodenoberfläche. Wurde es den Tieren zu heiss, kühlten sie sich wie in Z4 ab, indem sie sich an erhöhter Stelle dem Wind aussetzten.

Z5: Diese Zone war geprägt durch die grosse Vegetationsdeckung und die hohen Gehölzpflanzen. Beides sorgte im Vergleich zu Z4 für ein kühleres, schattigeres und z. T. signifikant feuchteres und windstilleres Zonenklima (Abb. 14 u. 17-19). Trotz der hohen Vegetationsdeckung gab es in Z5 vegetationsfreie Stellen mit meist sandigem Substrat und Streu. In diesen Mikrohabitaten hielt sich *C. pullus* auf. Hier fand er die höchste Insolation innerhalb der Zone und damit ein warmes und trockenes Mikroklima. Die offenere Struktur dieser Stellen war auch der Grund, weshalb wir an den Fundorten in Z5 signifikant höhere

Windgeschwindigkeiten massen als an den Zufallspunkten. Bei kühlen Witterungsbedingungen konnte es in Z5 jedoch vorkommen, dass das Zonenklima derart feucht blieb, dass *C. pullus* auch in den von ihm bevorzugten Mikrohabitaten nicht genügend trockene Verhältnisse finden konnte. Diese feuchten Verhältnisse wurden durch die geringen Windgeschwindigkeiten, die allgemein eher niedrige Sonneneinstrahlung auf dem Boden und den hohen Beschattungsgrad gefördert.

Die Mittelwerte der Temperatur an den Fundorten zeigten, dass *C. pullus* Aufenthaltsorte auswählte, die im Bereich der in INGRISCH & KÖHLER (1998) erwähnten Vorzugstemperatur vieler Acrididae zwischen 28 und 36 °C lagen. Im Vergleich zum Zonenklima suchten sich die Tiere z. T. deutlich kühlere Stellen aus und Temperaturen über 40 °C wurden gemieden. Dies würde der Bezeichnung „mesothermophil“ von NADIG (1986) entsprechen. Die Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit an den Fundorten zeigten, dass *C. pullus*, wenn möglich, sehr trockene Stellen aufsuchte. Dies entspräche weniger der Bezeichnung „mesohygrophil“ von NADIG (1986) sondern mehr der Erkenntnis von SCHWARZ-WAUBKE (1997), wonach *C. pullus* relativ trockene Mikroklimata bevorzugt. Die Mikroklimawahl ist jedoch auch im Bezug zum Lokal- und Makroklima zu betrachten: In feuchter Umgebung verhält sich *C. pullus* eher xerophil und in xerothermen Gebieten eher mesophil, falls die Möglichkeiten dazu bestehen.

Erfassungsmethode: Das Mikroklima ist ein sehr komplexes und multifaktorielles Gefüge, welches im Feld nicht einfach und nur mit grossem Aufwand ganzheitlich erfasst werden kann. Im Rahmen dieser Studie war der Aufwand zeitlich beschränkt, wodurch unsere Untersuchungen als Annäherung betrachtet werden müssen. Ein Problem ergab sich aus der Tatsache, dass es nicht möglich war, in den suboptimalen Zonen genügend Tiere zu finden. Da wir aus Zeitgründen in diesem Teilprojekt auf ein Markieren der Tiere an den Fundorten verzichten mussten, bestand gerade in Z1 die Gefahr, dass einzelne Tiere mehrmals erfasst wurden. Diese Wahrscheinlichkeit der Pseudoreplikation nimmt mit der Anzahl vorhandener Individuen in einer Zone ab und ist für die optimale Z4 vernachlässigbar.

5.3. Zukunft für *C. pullus* im Pfywald

Der Kiesbank-Grashüpfer ist in der Schweiz vom Aussterben bedroht (NADIG & THORENS 1994). Zurzeit existieren im Pfywald noch drei Populationen. THORENS & NADIG (1997) sehen im Verschwinden der alluvialen Zonen durch Flussuferverbauungen, Wasserkraftwerke und die natürliche Sukzession (Verbuschung) die Hauptgefährdung für *C. pullus*. JANSSEN (2003) sieht das Angebot an vegetationsarmen Pionierstandorten als bestimmende Grösse für das langfristige Überleben dieser Heuschrecke. Daher ist es wichtig, dass solche Habitate, bestehend aus einem Mosaik von verschiedenen Sukzessionsstadien, durch eine naturnahe Flussdynamik erhalten und immer wieder neu geschaffen werden. Im Pfywald wurden in den letzten Jahren erste Revitalisierungsmassnahmen zur Wiederherstellung einer nahezu natürlichen Rhonedynamik in Angriff genommen und werden in Zukunft weitergeführt (OGGIER pers. Mitt.). Diese Massnahmen beinhalten u. a. das Entfernen der Dämme und eine Verbreiterung des Flussbettes im unteren Bereich des Pfywaldes. Dadurch würden kommende Hochwasser abgeschwächt und ihre Auswirkungen wären für die Populationen im Rhonebett weniger vernichtend. Trotzdem würden immer wieder neue Lebensräume geschaffen und die fortschreitende Sukzession in den bestehenden Habitaten etwas gebremst. Die Population auf der Pullus-Insel zeigt, dass *C. pullus* die durch solche Massnahmen

vermehrt entstehenden Pionierstandorte sehr wohl besiedelt. Bis jedoch im Pfywald die Habitate für *C. pullus* auf natürliche Weise immer wieder neu entstehen, sollten die vorhandenen Populationen und ihre Lebensräume erhalten und überwacht werden.

Russenbrunnen: Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Russenbrunnen-Population seit der Studie von FREIVOGEL (2003) wahrscheinlich vergrössert hat. Mit ca. 900 Individuen im Maximum liegt die Population deutlich über der von KÖHLER (1999) vorgeschlagenen und von THOMAS (1990) berechneten minimal überlebensfähigen Populationsgrösse (MÜP) von 500 Heuschrecken. Diese Zahl gilt jedoch nur für stabile Habitate (KÖHLER 1999) und die fortschreitende Sukzession im Russenbrunnen könnte sich, ohne entsprechende Pflegemassnahmen, auf die Überlebensfähigkeit dieser Population stark negativ auswirken. Als kurzfristige Massnahmen sollten daher (a) die ins Gebiet einwandernden Gehölze in gewissen Zeitabständen so lange entfernt werden, bis die revitalisierte Rhonedynamik wieder genügend natürliche Habitate für *C. pullus* entstehen lässt und (b) den Tieren der Zugang zur Rhone und den sich dort befindenden Habitaten erleichtert werden. Hierzu wäre der Auenwald in Richtung Rhone z. T. zu entfernen. Ein solcher Habitatkorridor würde die Auswanderungsmöglichkeiten in den aktiven Flusskorridor stark verbessern und die Bildung einer Metapopulation fördern.

Pullus-Insel: Hier hat sich in den letzten Jahren eine grosse Population von etwa 1500 Individuen entwickelt. Auch sie liegt deutlich über der MÜP von 500 Tieren. Aus uns nicht bekannten Gründen hat sich in dieser Population jedoch ein unausgeglichenes, männchendominiertes Geschlechterverhältnis entwickelt. Gemäss PRIMACK (1995) kann ein unausgewogenes Geschlechterverhältnis zu einer kleineren effektiven Populationsgrösse und dadurch zum Verlust genetischer Variabilität führen. Dies kann bei kleinen Populationen zusammen mit anderen Faktoren wie zufälliger Variation der Geburten- und Sterberate oder sich verändernden Umwelteinflüssen (u. a. Nahrungsangebot, Feinddruck, Krankheiten, Katastrophenereignisse) für das lokale Aussterben einer Population verantwortlich sein. Trotz ihrer Grösse scheint aus diesem Grund auch hier wichtig, dass die Population vermehrt neue Lebensräume im Flusskorridor besiedeln und sich dadurch eine Metapopulation bilden kann. Gemäss dem Metapopulationskonzept würde ein verbesserter Individuenaustausch zwischen verschiedenen Teilpopulationen den Genpool langfristig stabilisieren oder sogar vergrössern und im Falle des Aussterbens einer Teilpopulation eine rasche Wiederbesiedlung ermöglichen. Die Entstehung einer Metapopulation wird mittel- bis langfristig durch die Revitalisierung der Rhonedynamik gefördert.

Damit die Auswirkungen von durchgeführten Pflegemassnahmen oder der Revitalisierung der Rhonedynamik auch zukünftig überprüft und verglichen werden können, ist ein regelmässiges Monitoring der drei Populationen zu empfehlen. Dies ermöglicht auch ein rasches Ergreifen von Sofortmassnahmen im Fall von dramatischen Populationsrückgängen und kann dadurch zu einem langfristigen Überleben von *C. pullus* im Pfywald beitragen.

6. Dank

Ganz besonders danken möchte ich Jürg Zettel, der diese Arbeit leitete und mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand. Herzlicher Dank geht auch an Jean-Pierre Airoidi für seine hilfreiche statistische Beratung, an Ursula Zettel für die GIS-Karten und, nicht zu vergessen, an Annik Steiner für die sehr gute Zusammenarbeit im Feld und im Institut. Weiter möchte ich mich herzlich bei Familie Elmiger für ihre Gastfreundschaft im Pfyngut während der Feldarbeit, bei Familie Greiner für den Velounterstand in Susten und bei Oliver Freivogel für seine Ratschläge und Ideen in der Entstehungsphase dieser Arbeit bedanken. Ein grosses Dankeschön gehört sicher auch dem gesamten Synökologie-Team, welches für die angenehme Atmosphäre im Institut verantwortlich war. Ganz besonders möchte ich Eva Boss und meinen Eltern merci sagen, auf deren Unterstützung ich in allen Lebenslagen zählen durfte.

7. Literatur

BELLMANN H. (1985): Heuschrecken beobachten, bestimmen. Neumann-Neudamm, Berlin

BROCKSPIEPER R. (1978): Der Einfluss des Mikroklimas auf die Verbreitung der Laubheuschrecken, Grillen und Feldheuschrecken im Siebengebirge und auf dem Rodderberg bei Bonn. Decheniana Beih. 21: 1-141

BRUCKHAUS A. & DETZEL P. (1997): Erfassung und Bewertung von Heuschreckenpopulationen. Ein Beitrag zur Objektivierung des Instruments der Roten Listen. Naturschutz und Landschaftsplanung 29, (5): 138-145

CARRON G. (1999): Les Orthoptères menacés de la zone alluviale de Finges, VS. Bull. Murithienne 117: 23-30

FREIVOGEL O. (2003): Der Kiesbankgrashüpfer *Chorthippus pullus* (Saltatoria, Acrididae) im Pfywald (Schweiz, VS): Populationsgrösse, Habitatqualität und der Einfluss der Beschattung auf die Besiedlungsdichte. Diplomarbeit, Zoologisches Institut Universität Bern

HAGLER J. R. & JACKSON C. G. (2001): Methods for Marking Insects: Current Techniques and Future Prospects. Ann. Rev. Entomol. 46: 511-543

HARZ K. (1957): Die Geradflügler Mitteleuropas. Fischer, Jena

HEYDEMANN B. (1956): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. Verh. dtsh. zool. Ges.: 332-347

HOLDEREGGER B. (1999): Autökologie von *Sphingonotus caeruleans* (LATREILLE, 1804) und *Oedipoda caerulea* (LINNÉ, 1758) (Orthoptera: Acrididae) in zwei verschiedenen Zonationstypen im Pfywald (VS, Schweiz). Diplomarbeit, Zoologisches Institut Universität Bern

INGRISCH S. & KÖHLER G. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. Neue Brehm-Bücherei Bd. 629, Westarp Wissenschaften, Magdeburg

JANSSEN B. (1993): Populationsstruktur, Aktionsräume und Ausbreitungsstrategien von *Chorthippus pullus* und *Psophus stridulus* (Orthoptera, Acrididae) in Umlagerungstrecken der Oberen Isar. Diplomarbeit, Fakultät für Biologie Philipps-Universität Marburg

JANSSEN B. (2003): Kiesbank-Grashüpfer *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830). Heuschrecken in Bayern, Schlumprech H. & Waeber G., Ulmer, Stuttgart, pp. 279-281

-
- KÖHLER G. & BRODHUN H.-P. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik zentraleuropäischer Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae). Zool. Jb. Syst. 114: 157-191
- KÖHLER G. (1999): Ökologische Grundlagen von Aussterbeprozessen. Fallstudien an Heuschrecken (Caelifera et Ensifera). Laurenti, Bochum
- KREBS C. J. (1999): Ecological Methodology. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, 2nd ed.
- LORENZ R. J. (1984): Grundbegriffe der Biometrie. Fischer, Stuttgart
- MAAS S., DETZEL P. & STAUDT A. (2002): Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz Deutschland, Bonn
- MÜLLER P. & ZETTEL J. (1999): Auensukzession und Zonation im Rottensand (Pfywald, Kt. VS). IV. Die Wiederbesiedlung einer Überschwemmungsfläche durch Heuschrecken (Saltatoria). Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 72, 165-174
- NADIG A. (1986): Ökologische Untersuchungen im Unterengadin: Heuschrecken (Orthoptera). Ergeb. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, Band 12, 103-167
- NADIG A. & THORENS P. (1994): Rote Liste der gefährdeten Heuschrecken der Schweiz. In: BUWAL (Hrsg.), Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. EDMZ, Bern, pp. 66-68
- PFEUFFER E. (2004): Zur Heuschreckenfauna des Schwarzwassertals, eines Seitenzubringers des Oberen Lech (Tirol), unter besonderer Berücksichtigung von *Bryodema tuberculata* und *Chorthippus pullus*. Articulata 19: 195-203
- PRIMACK R. B. (1995): Naturschutzbiologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- REICH M. (1991): Struktur und Dynamik einer Population von *Bryodema tuberculata* (FABRICIUS, 1775) (Saltatoria, Acrididae). Dissertation, Universität Ulm
- SACHS L. (2004): Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. Springer, Berlin, 11. Aufl.
- SÄNGER K. (1977): Über die Beziehung zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate. Zool. Jb. Syst. 104: 433-488
- SCHÄDLER M. & STALDER J. (2000): Verbreitung und Lebensraum des Kiesbank-Grashüpfers, *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830) (Acrididae: Gomphocerinae), in Sachsen. Articulata 15: 7-15

-
- SCHWARZ-WAUBKE M. (1997): Lebensraumnutzung von *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830) (Orthoptera, Acrididae). Linzer biol. Beitr. 29: 601-620
- SCHWARZ-WAUBKE M. (1998): Wanderverhalten und Aktionsräume adulter *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830) (Orthoptera, Acrididae) in einer Wildflusslandschaft bei Salzburg. Linzer biol. Beitr. 30 (2): 605-611
- SCHWARZ-WAUBKE M. (2001): Zur Biologie und Vergesellschaftung von *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830) (Saltatoria, Acrididae) im Land Salzburg (Österreich). Linzer biol. Beitr. 33: 997-1015
- STEINER A. (2006): Contributions to the nutritional ecology of the endangered grasshopper *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830) (Orthoptera: Acrididae). Diplomarbeit, Zoologisches Institut Universität Bern
- THOMAS C. D. (1990): What do real population dynamics tell us about minimum viable population sizes? Cons. Biol. 4: 324-327
- THORENS P. & NADIG A. (1997): Atlas de distribution des Orthoptères de Suisse. CSCF und Pro Natura, Neuchâtel
- URECH R. (2003): Influence of spreading woody plants and surface cover on the distribution of *Calliptamus italicus* and *Oedipoda caerulescens* (Saltatoria, Caelifera) in a steppe habitat. Diplomarbeit, Zoologisches Institut Universität Bern
- WERNER P. (1985): La végétation de Finges et de son Rhône sauvage. Bull. Murithienne 103: 39-84
- WIESENER C., WANNER M. & XYLANDER W. E. R. (2004): *Chorthippus pullus* (PHILIPPI 1830) (Saltatoria) auf dem Truppenübungsplatz „Oberlausitz“. Entomol. Nachr. u. Ber. 48: 47-50
- ZEHNDER G. & ZETTEL J. (1999): Auensukzession und Zonation im Rottensand (Pfywald, Kt. VS). I. Wiederbesiedlung einer Überschwemmungsfläche durch Grabwespen (Hymenoptera, Sphecidae). Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 72, 123-137
- ZÖLLER S. (1995): Untersuchungen zur Ökologie von *Oedipoda germanica* (LATREILLE, 1804) unter besonderer Berücksichtigung der Populationsstruktur, der Habitatbindung und der Mobilität. Articulata 19: 21-59

8. Abbildungen



Abb. 1: Die Zonationstypen auf der Pullus-Insel (v. l. n. r.: oben: Z1-Z3; unten: Z4-Z6).

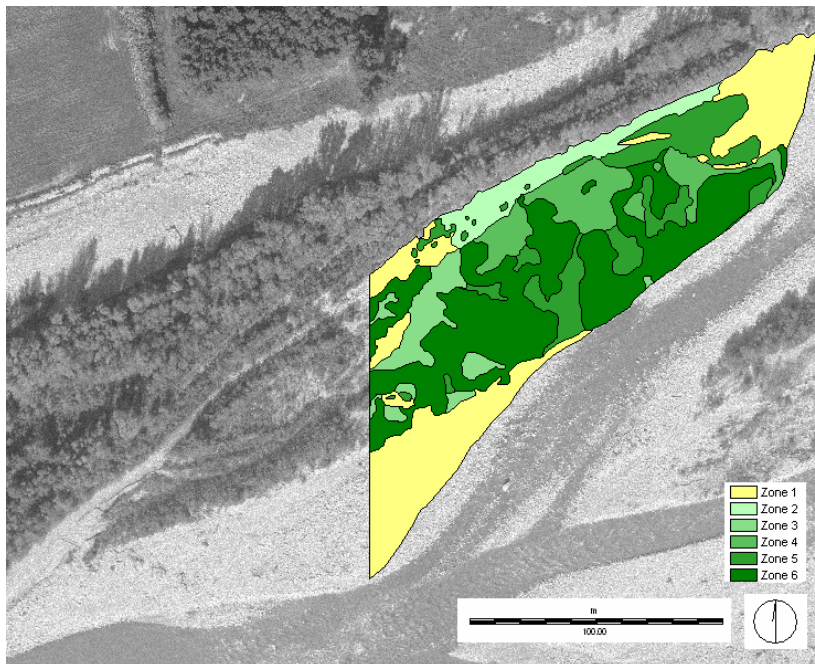


Abb. 2: Zonierung des Untersuchungsgebietes auf der Pullus-Insel. Die Zonen wurden entsprechend ihres Sukzessionsstadiums von Z1 (früh) bis Z6 (spät) eingeteilt.



Abb. 3: Russenbrunnen: Die Untersuchungsfläche RU (1450 m²; rot: entmooste Flächen (je 300 m²); 58 Teilflächen von je 5x5 m).

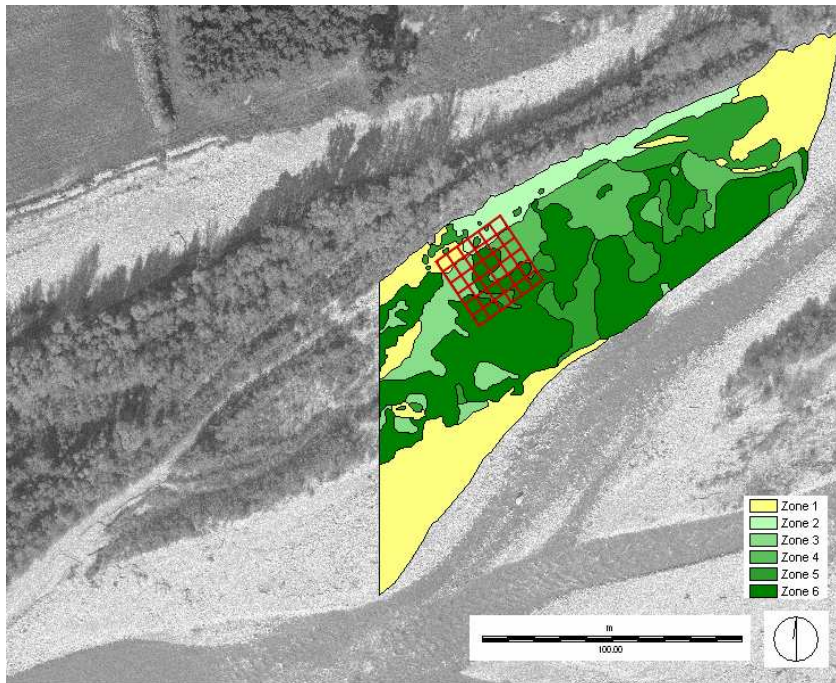


Abb. 4: Pullus-Insel: Untersuchungsfläche PU (rot) für die Schätzung der Populationsgrösse (900 m², enthält Anteile aller 6 Zonen).

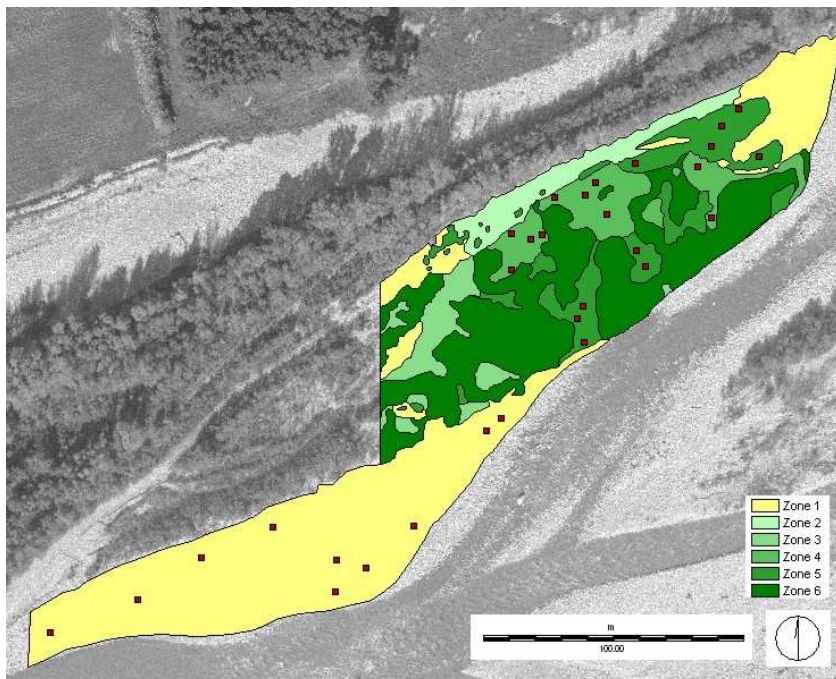


Abb. 5: Das Untersuchungsgebiet auf der Pullus-Insel mit der für die Mikroklimatewahl nach Südwesten erweiterten Zone 1 und den 10 Zufallspunkten in den Zonen 1, 4 und 5.

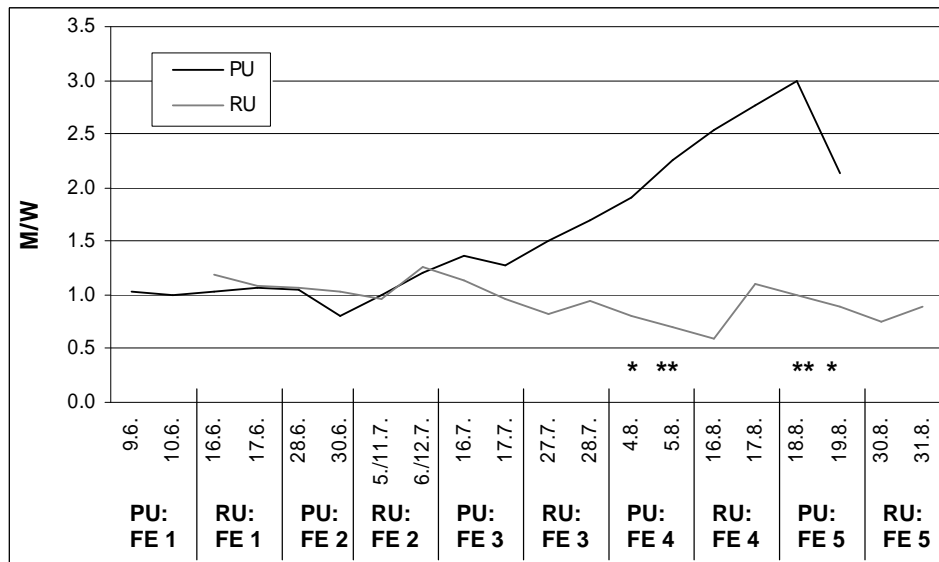


Abb. 6: Verlauf des Geschlechterverhältnisses auf der Untersuchungsfläche Pullus-Insel (PU) und Russenbrunnen (RU) für jeden Fangtag der Fangereignisse (da wir im 6. Fangereignis auf PU keine Weibchen mehr fingen, konnten wir für diesen Zeitpunkt kein Geschlechterverhältnis berechnen) (M = Männchen, W = Weibchen).

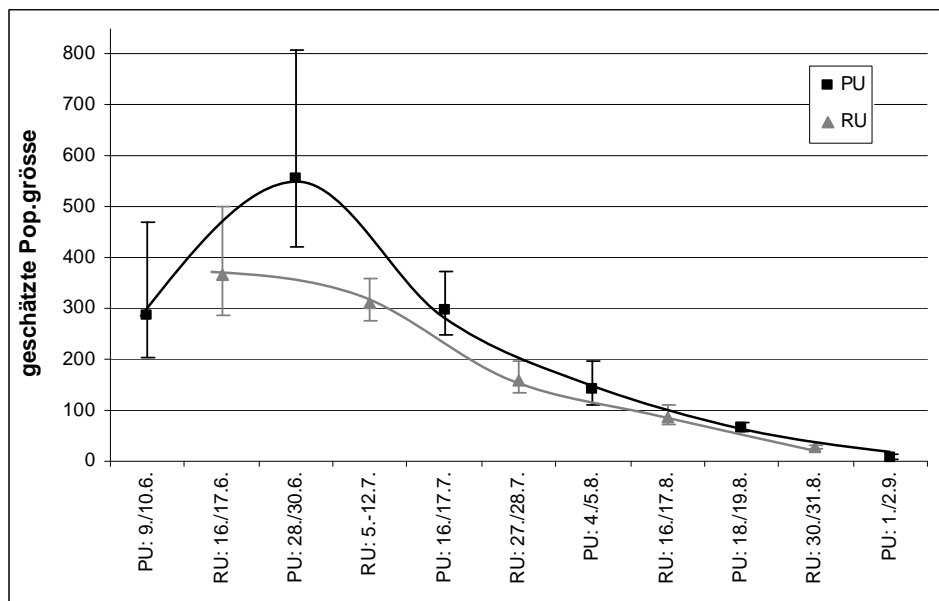


Abb. 7: Geschätzte Populationsgrößen für jedes Fangereignis im Russenbrunnen (RU) und auf der Pullus-Insel (PU) ($\bar{x} \pm 95\% \text{-C.I.}$).

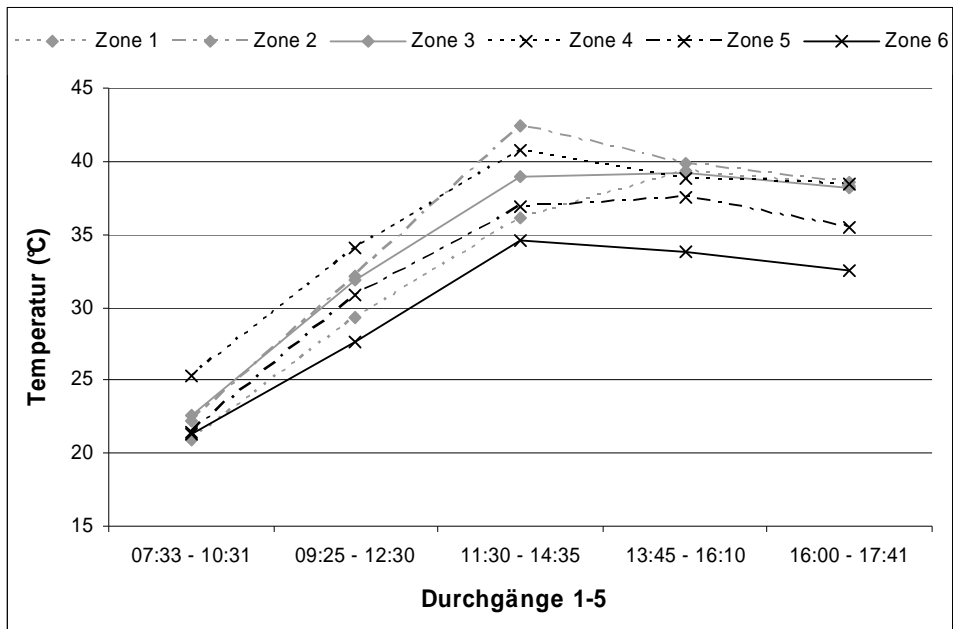


Abb. 8: Pullus-Insel: Temperatur auf der Bodenoberfläche in den 6 Zonen im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

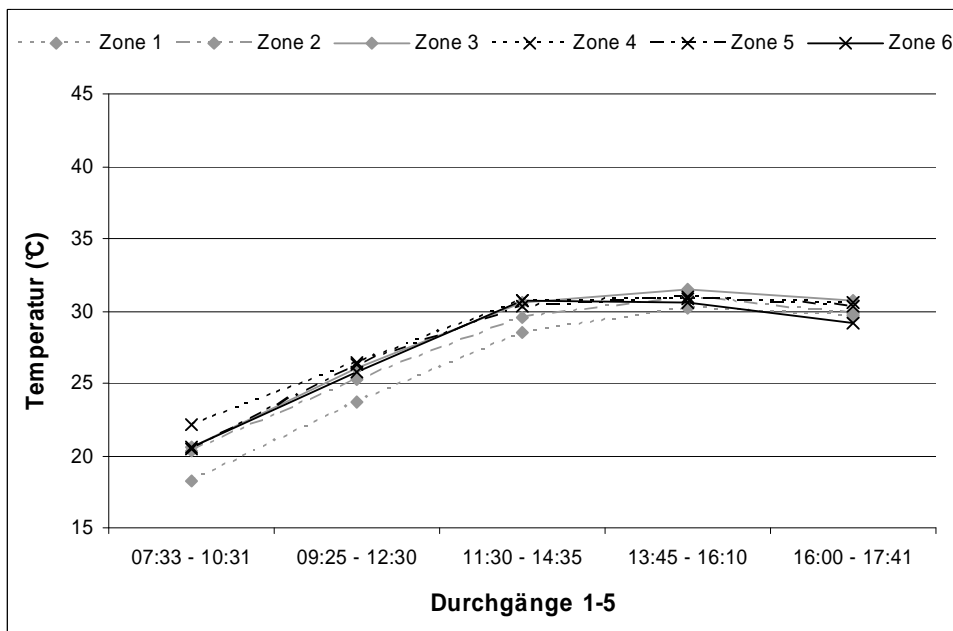


Abb. 9: Pullus-Insel: Lufttemperatur 1 m über Boden im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

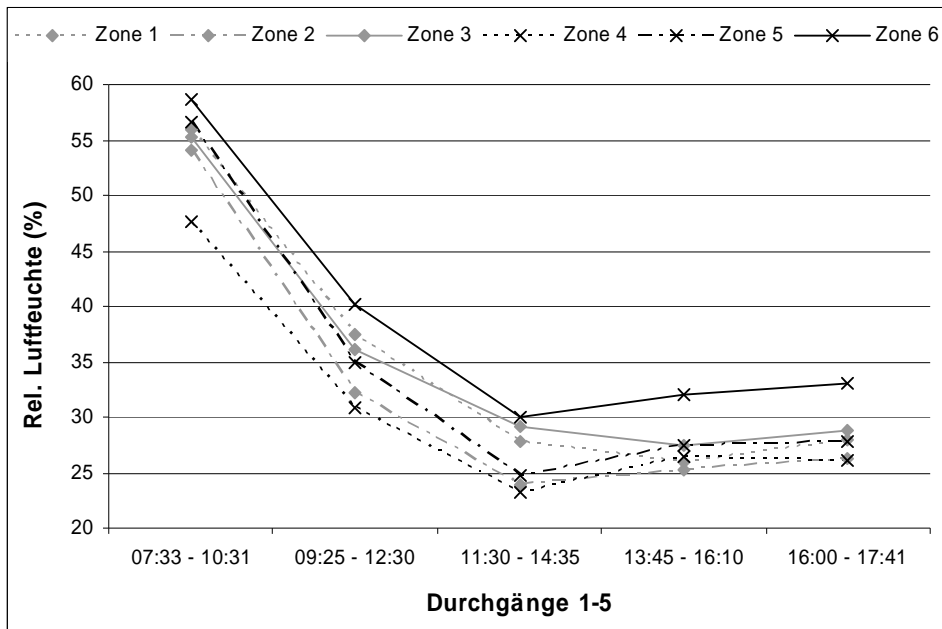


Abb. 10: Pullus-Insel: Relative Luftfeuchtigkeit auf der Bodenoberfläche in den 6 Zonen im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

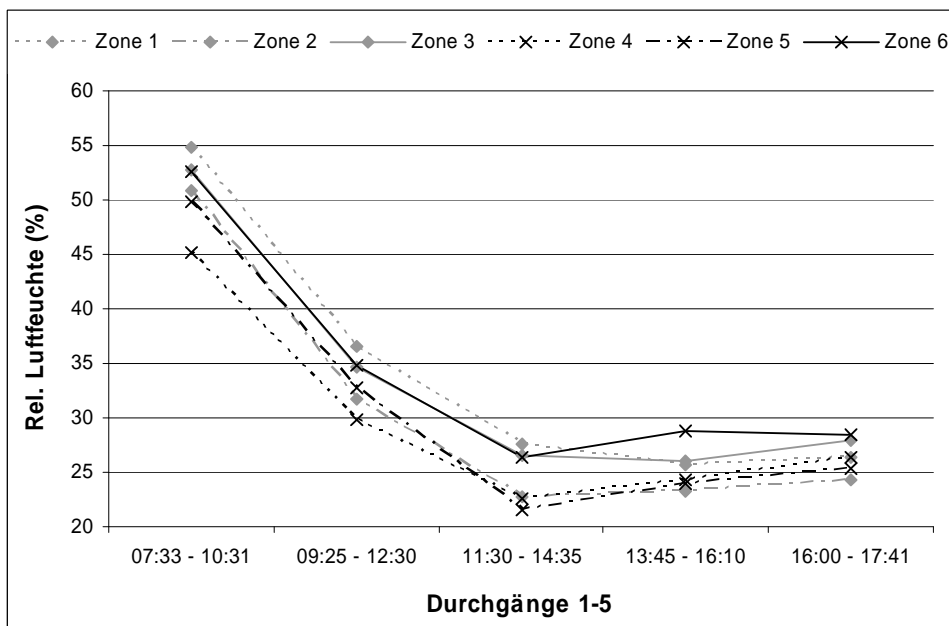


Abb. 11: Pullus-Insel: Relative Luftfeuchtigkeit 1 m über Boden im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

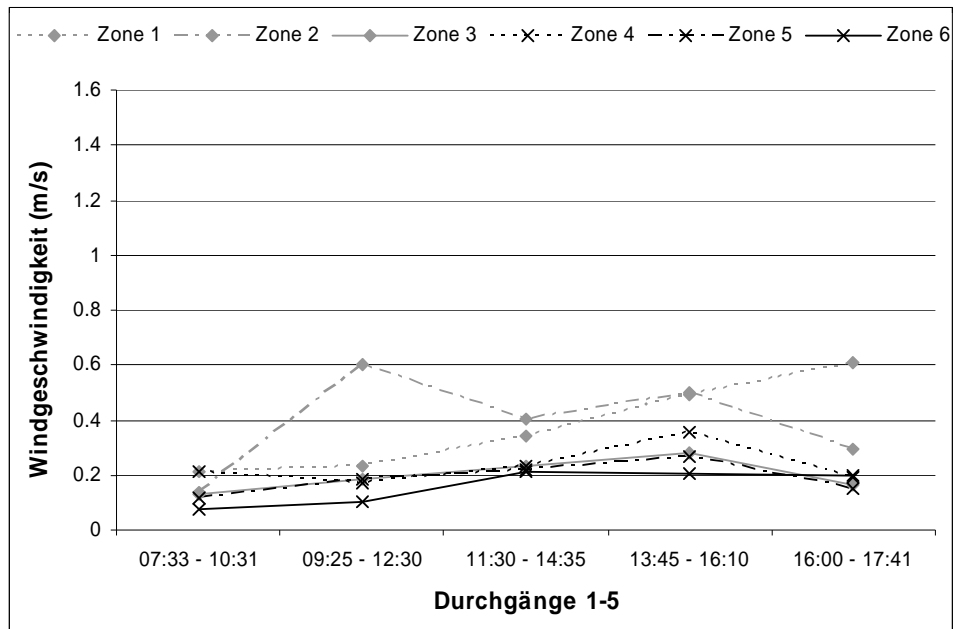


Abb. 12: Pullus-Insel: Windgeschwindigkeit auf der Bodenoberfläche in den 6 Zonen im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

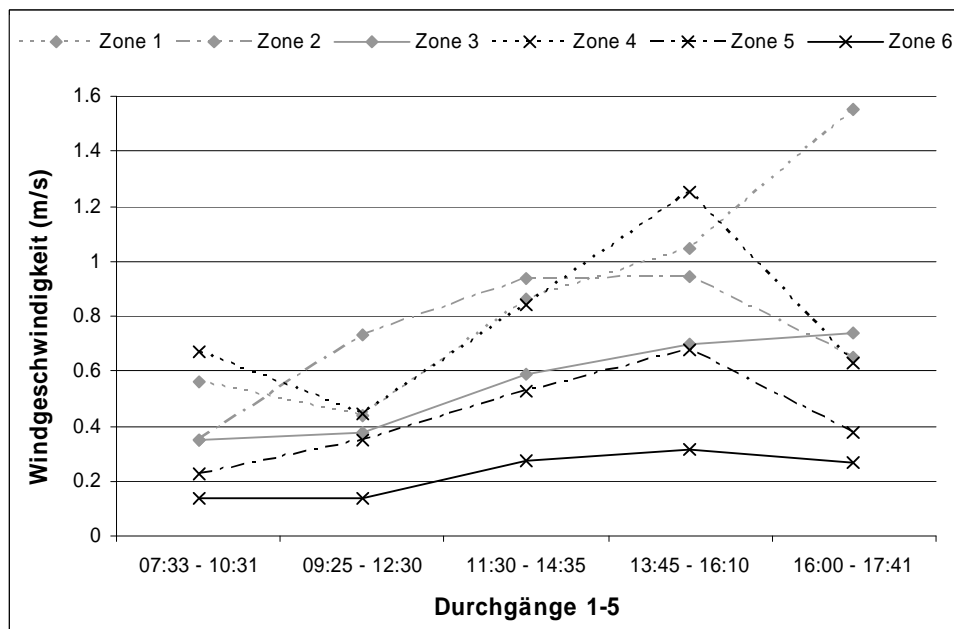


Abb. 13: Pullus-Insel: Windgeschwindigkeit 1 m über Boden im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

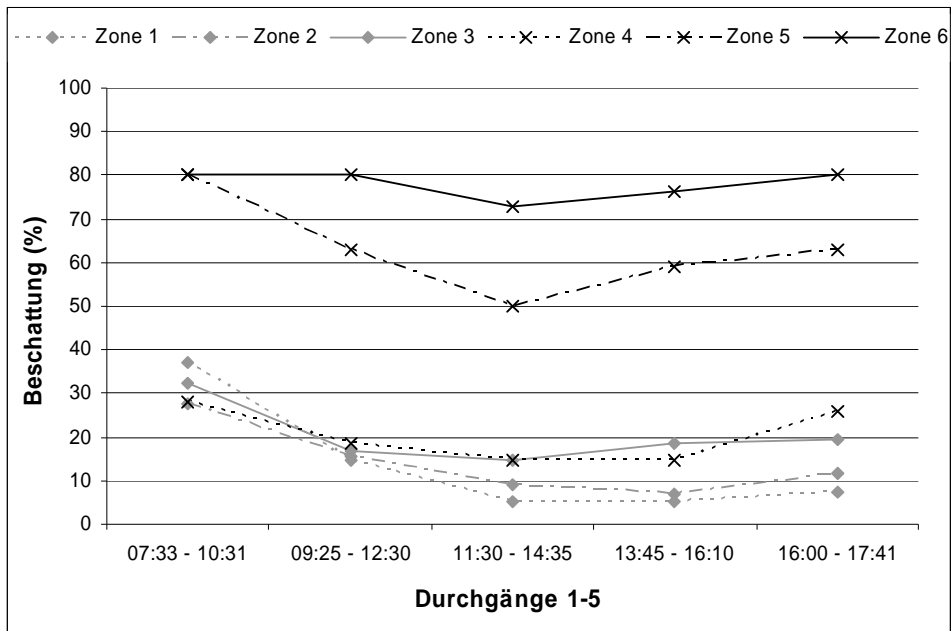


Abb. 14: Pullus-Insel: Beschattung der Bodenoberfläche in den 6 Zonen im Tagesverlauf (\bar{x} vom 24.6. und 23.7.05; n pro \bar{x} = 9).

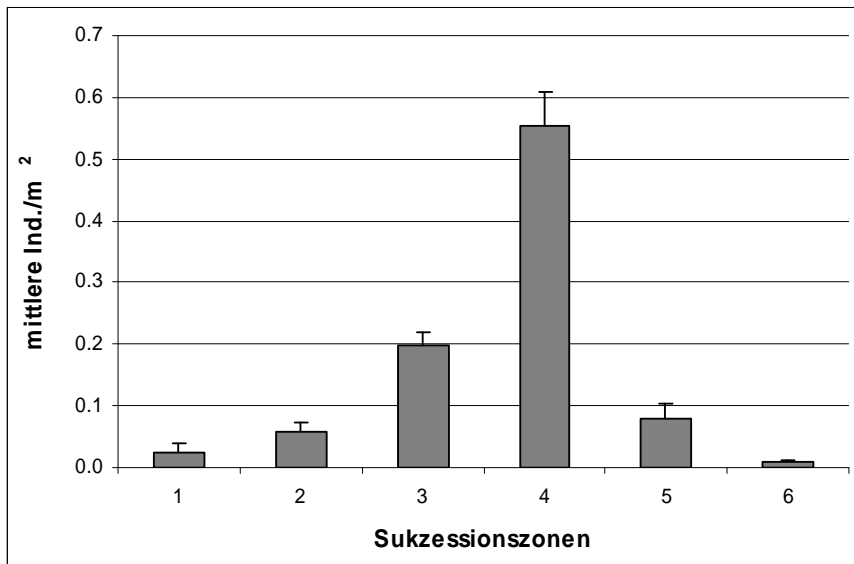


Abb. 15: Pullus-Insel: Mittlere Abundanzen (Ind./m² + SE) in den 6 Zonen (Mittelwerte aus je 2 Zählungen vom 21.-23.6. und 20.-22.7.05).

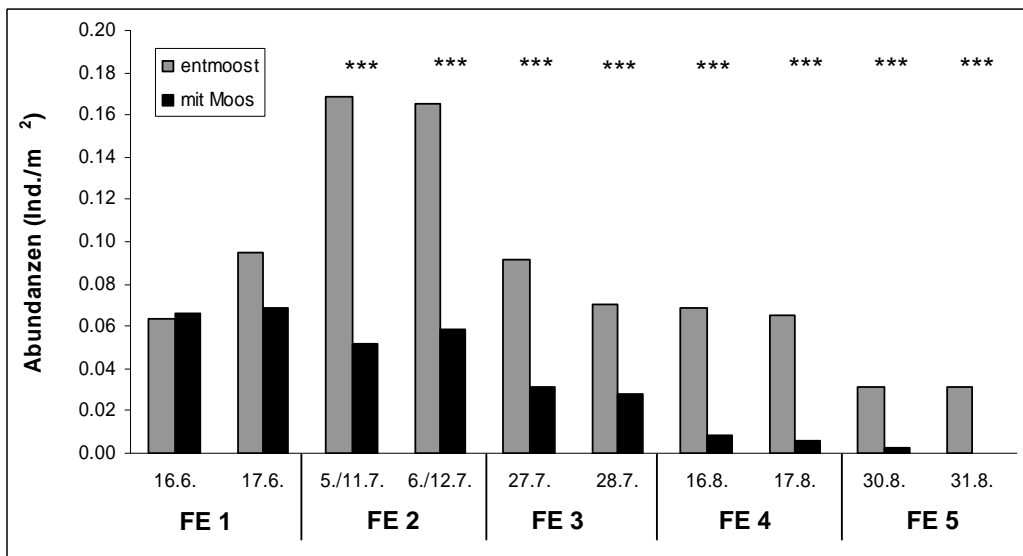


Abb. 16: Russenbrunnen: Abundanzen (Ind./m²) auf den Flächen mit und ohne Moos während den 5 Fangereignissen.

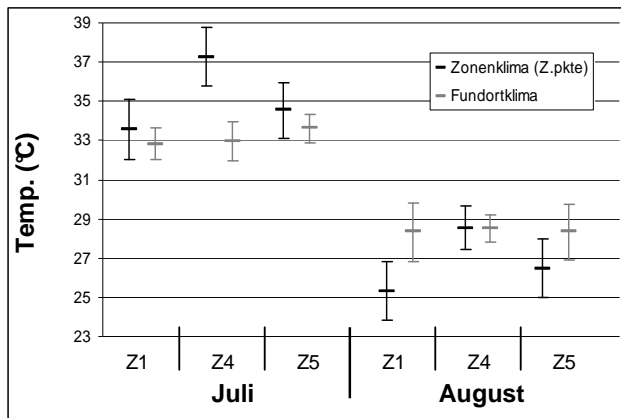


Abb. 17: Pullus-Insel: Mittlere Temperaturen (\pm SE) in den Zonen 1, 4 und 5 und an den Fundorten von *C. pullus* im Juli (13.-15.7.) und August (8.-10.8.).

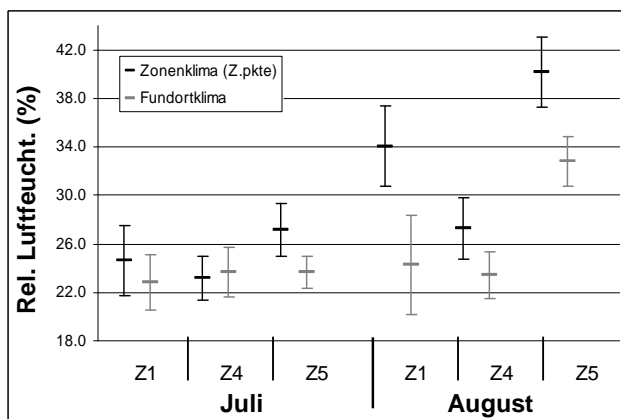


Abb. 18: Pullus-Insel: Mittlere relative Luftfeuchtigkeit (\pm SE) in den Zonen 1, 4 und 5 und an den Fundorten von *C. pullus* im Juli (13.-15.7.) und August (8.-10.8.).

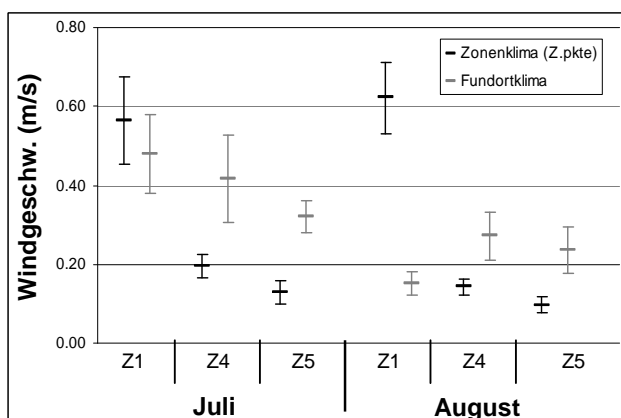


Abb. 19: Pullus-Insel: Mittlere Windgeschwindigkeit (\pm SE) in den Zonen 1, 4 und 5 und an den Fundorten von *C. pullus* im Juli (13.-15.7.) und August (8.-10.8.).

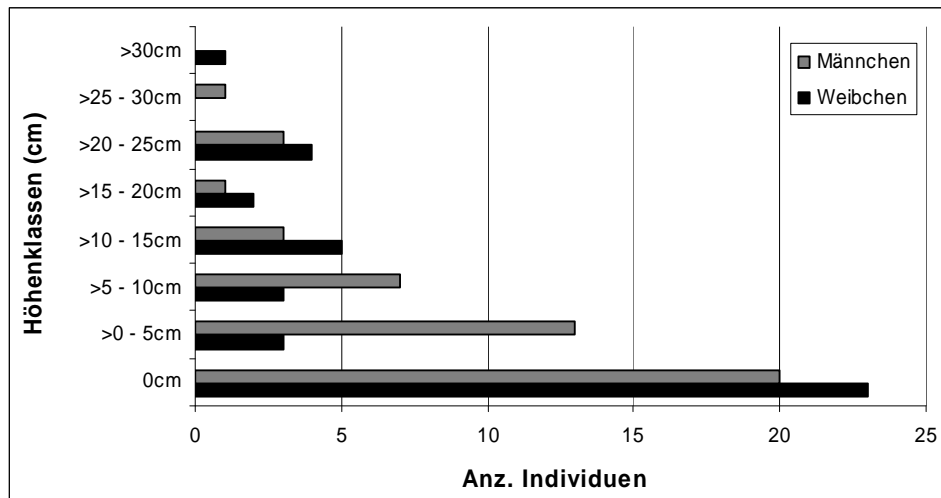


Abb. 20: Pullus-Insel: Aufenthaltshöhen von *C. pullus* aufgetrennt nach Geschlecht (41 ♀♀, 48 ♂♂).

9. Tabellen

Tab. 1: Fangergebnisse auf den Untersuchungsflächen RU und PU aufgeteilt in Anzahl Beobachtungen, Neumarkierungen und Wiederfänge pro Fangtag und Geschlecht (FE = Fangereignis, M = Männchen, W = Weibchen, ges. = gesamthaft, Beob. = Neumark. + Wiederfänge).

FE	Datum	Untersuchungsfläche RU									Untersuchungsfläche PU								
		Beob.			Neumark.			Wiederfänge			Beob.			Neumark.			Wiederfänge		
		M	W	ges.	M	W	ges.	M	W	ges.	M	W	ges.	M	W	ges.	M	W	ges.
1	9.6.										30	29	59	30	29	59	0	0	0
	10.6.										38	38	76	35	26	61	3	12	15
	16.6.	51	43	94	51	43	94	0	0	0									
	17.6.	60	55	115	48	38	86	12	17	29									
2	28.6.										63	60	123	54	48	102	9	12	21
	30.6.										52	64	116	39	44	83	13	20	33
	5./11.7.	71	74	145	47	58	105	24	16	40									
	6./12.7.	83	66	149	36	27	63	47	39	86									
3	16.7.										64	47	111	45	33	78	19	14	33
	17.7.										64	50	114	32	26	58	32	24	56
	27.7.	37	45	82	17	18	35	20	27	47									
	28.7.	32	34	66	8	12	20	24	22	46									
4	4.8.										38	20	58	22	12	34	16	8	24
	5.8.										36	16	52	15	7	22	21	9	30
	16.8.	18	30	48	3	12	15	15	18	33									
	17.8.	23	21	44	6	2	8	17	19	36									
5	18.8.										30	10	40	21	6	27	9	4	13
	19.8.										32	15	47	6	3	9	26	12	38
	30.8.	9	12	21	2	1	3	7	11	18									
	31.8.	9	10	19	0	2	2	9	8	17									
6	1.9.										4	0	4	2	0	2	2	0	2
	2.9.										5	0	5	1	0	1	4	0	4
Σ		393	390	783	218	213	431	175	177	352	456	349	805	302	234	536	154	115	269

Tab. 2: Fang- und Wiederfangzahlen an den Standorten „Russenbrunnen“ und „Pullus-Insel“ (absolute und relative Zahl der Beobachtungen bzw. Individuenzahlen, M = Männchen, W = Weibchen, ges. = gesamtthaft).

	Russenbrunnen						Pullus-Insel						
	Beob. (absol.)			Beob. (%)			Beob. (absol.)			Beob. (%)			
	M	W	ges.	M	W	ges.	M	W	ges.	M	W	ges.	
Total gefangen	218	213	431	100	100	100	302	234	536	100	100	100	
nur 1x gefangen	148	147	295	67.9	69.0	68.4	238	184	422	78.8	78.6	78.7	
Wiederfang	1x	51	45	96	23.4	21.1	22.3	52	43	95	17.2	18.4	17.7
	2x	17	18	35	7.8	8.5	8.1	11	7	18	3.6	3.0	3.4
	3x	2	3	5	0.9	1.4	1.2	1	0	1	0.3	0.0	0.2
	4x	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0.0
	Σ	70	66	136	32.1	31.0	31.6	64	50	114	21.2	21.4	21.3

Tab. 3: Berechnung der maximalen Gesamtpopulation auf der Pullus-Insel mit Hilfe der Abundanzen (Ind./m²; 21.-23. Juni) und Flächen der Zonen (m²).

Zone	Ind./m² Zähl. Juni	Zonen- fläche (m²)	Anz. Tiere
1	0.04	3692.9	148
2	0.10	947.5	90
3	0.16	893.9	145
4	0.59	1448.2	858
5	0.11	1993.6	209
6	0.02	4981.8	87
Σ		13957.9	1538

Tab. 4: Vegetationsdeckung (%), maximale Gehölzhöhe (cm) und Beschattung (%) auf der Pullus-Insel und im Russenbrunnen (Ru.bru.) ⁽¹⁾ Projektion des grössten Durchmessers auf der Bodenoberfläche. ⁽²⁾ Krautschicht = Dicotyle + Poaceae (ohne Moos). ⁽³⁾ in Projektion vegetationsfrei (- = nicht erfasst).

	Zonen / Flächen	Vegetationsdeckung				max. Gehölzhöhe	Beschattung
		Gehölz- deckung ⁽¹⁾	Deckung Krautschicht ausserhalb Gehölzdeckung ⁽²⁾	Moosdeckung (noch unabgedeckt durch and. Veg.)	vegetationsfreier Boden ⁽³⁾		
Pullus-Insel	1	6	5	-	89	93	14
	2	8	3	-	89	89	14
	3	42	2	-	57	187	20
	4	23	26	-	51	128	20
	5	56	12	-	32	230	63
	6	88	6	-	5	373	78
Ru.- bru.	bemoost	6	43	27	24	52	-
	entmoost	6	38	5	51	48	-

Tab. 5: Zusammensetzung der Bodenoberfläche auf der Pullus-Insel und im Russenbrunnen (Ru.bru.) (in %) ⁽¹⁾ Projektion des grössten Durchmessers auf der Bodenoberfläche. ⁽²⁾ Fläche der Stammquerschnitte von Gehölzpflanzen auf der Bodenoberfläche).

	Zonen / Flächen	Vegetation					mineralisches Substrat, Streu und Totholz					
		gesamte Veg.	Dicotyle ⁽¹⁾	Poaceae ⁽¹⁾	Moos	Stammquer- schnitte Gehölz ⁽²⁾	Sand	Kies (Ø 0.1-5cm)	Steine (Ø 5-50cm)	Blöcke (Ø >50cm)	Streu	Totholz
Pullus-Insel	1	9	3	4	0	3	36	9	30	11	1	4
	2	8	1	4	1	3	72	1	10	2	6	1
	3	7	3	1	0	4	66	0	16	1	5	5
	4	30	23	1	4	3	39	1	15	3	8	4
	5	27	12	9	1	6	27	2	8	3	25	7
	6	69	26	28	1	15	5	0	1	0	16	8
Ru.- bru.	bemoost	71	42	0	29	1	0	3	13	1	10	3
	entmoost	42	35	0	6	1	1	15	33	1	8	0

Tab. 6: Pullus-Insel: Beobachtungszahlen und Geschlechterverhältnis von *C. pullus* im Juni und im Juli sowie p-Werte χ^2 -Test (Abweichung vom Verhältnis 1:1) (M = Männchen, W = Weibchen, ges. = gesamthaft).

	Zonen	Morgen					Nachmittag					Total
		ges.	M	W	M/W	p	ges.	M	W	M/W	p	
Juni	1	6	3	3	1.0	0.68	10	5	5	1.0	0.75	16
	2	20	11	9	1.2	0.82	18	9	9	1.0	0.81	38
	3	41	21	20	1.1	1.00	24	14	10	1.4	0.54	65
	4	160	103	57	1.8	<0.001	77	54	23	2.3	<0.001	237
	5	29	15	14	1.1	1.00	13	7	6	1.2	1.00	42
	6	5	2	3	0.7	0.37	2	1	1	1.0	0.48	7
	ges.	261	155	106	1.5	<0.01	144	90	54	1.7	<0.01	405
Juli	1	2	2	0	-	-	2	2	0	-	-	4
	2	4	1	3	0.3	0.13	5	1	4	0.3	0.07	9
	3	41	27	14	1.9	0.06	52	29	23	1.3	0.49	93
	4	96	64	32	2.0	<0.01	109	67	42	1.6	0.02	205
	5	9	6	3	2.0	0.50	12	5	7	0.7	0.39	21
	6	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0
	ges.	152	100	52	1.9	<0.001	180	104	76	1.4	0.04	332

10. Anhang

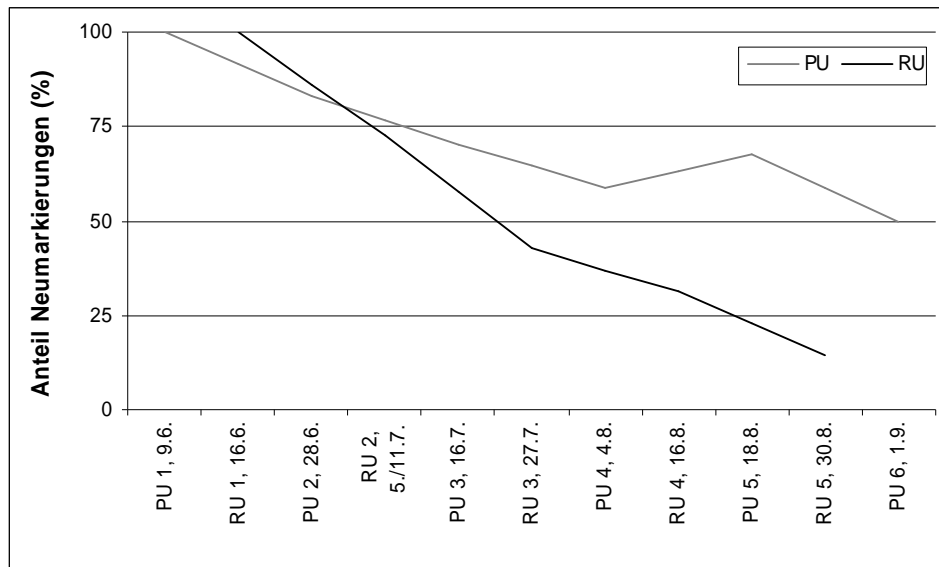


Abb. A1: Prozentualer Anteil der neu markierten Individuen am ersten Fangtag eines Fangereignisses (RU = Untersuchungsfläche Russenbrunnen, PU = Untersuchungsfläche Pullus-Insel).

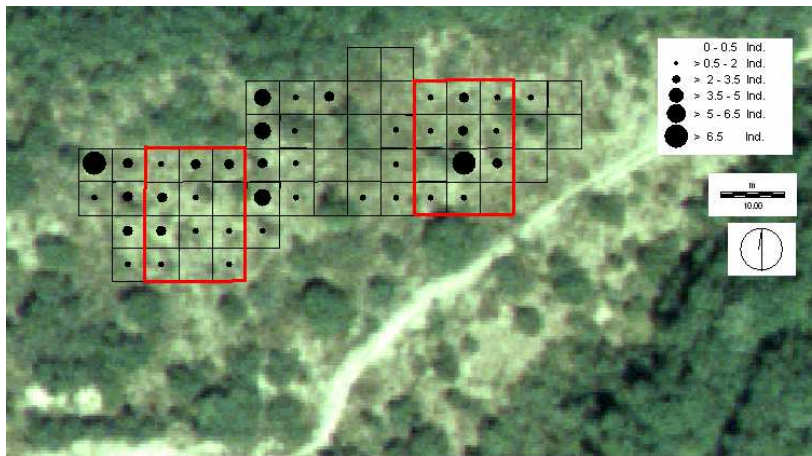


Abb. A2: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche im Russenbrunnen, Fangereignis 1 (16./17.6.2005).

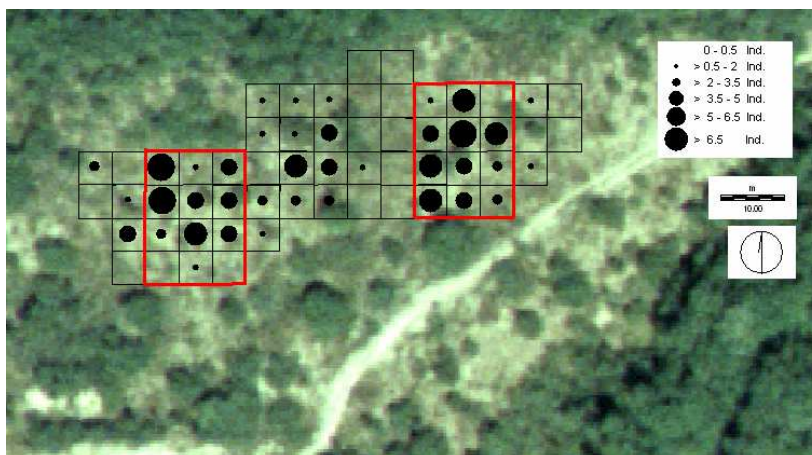


Abb. A3: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche im Russenbrunnen, Fangereignis 2 (5./6. u. 11./12.7.2005).

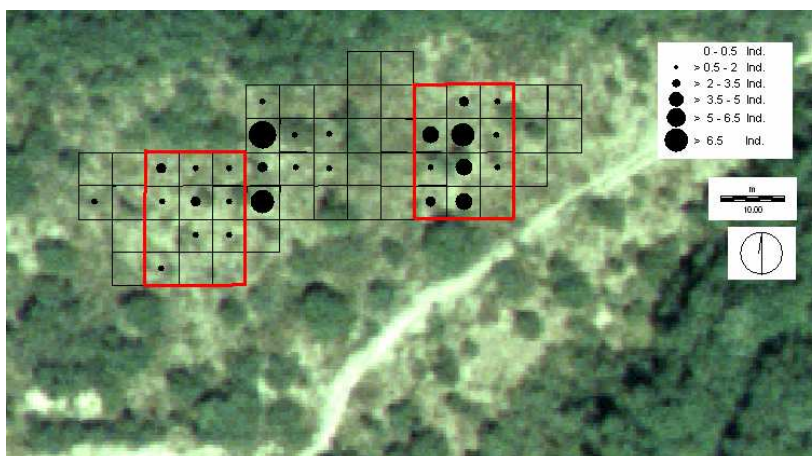


Abb. A4: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche im Russenbrunnen, Fangereignis 3 (27./28.7.2005).



Abb. A5: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche im Russenbrunnen, Fangereignis 4 (16./17.8.2005).



Abb. A6: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche im Russenbrunnen, Fangereignis 5 (30./31.8.2005).

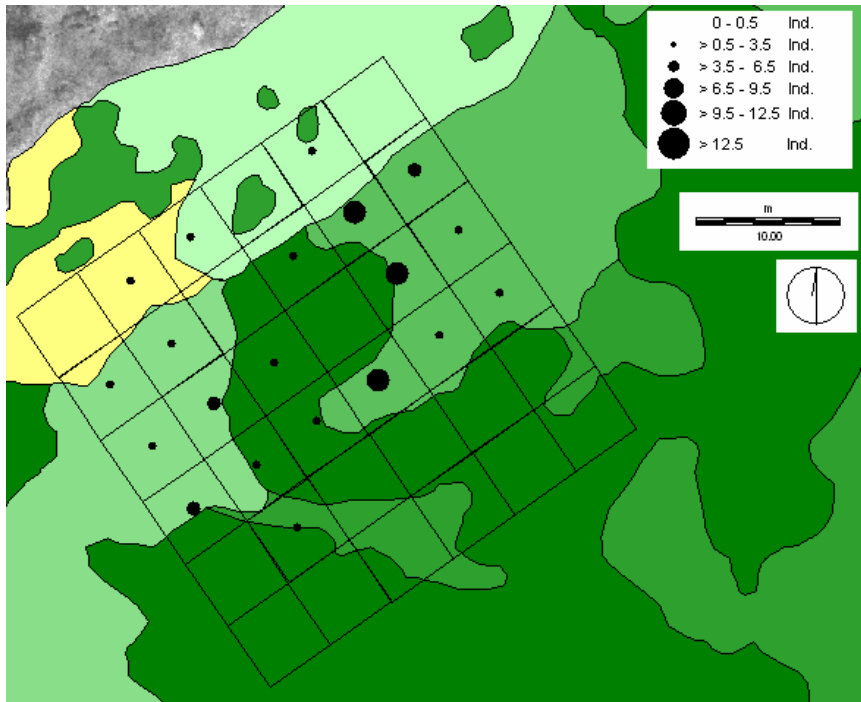


Abb. A7: Pullus-Insel: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche PU, Fangereignis 1 (9./10.6.2005).

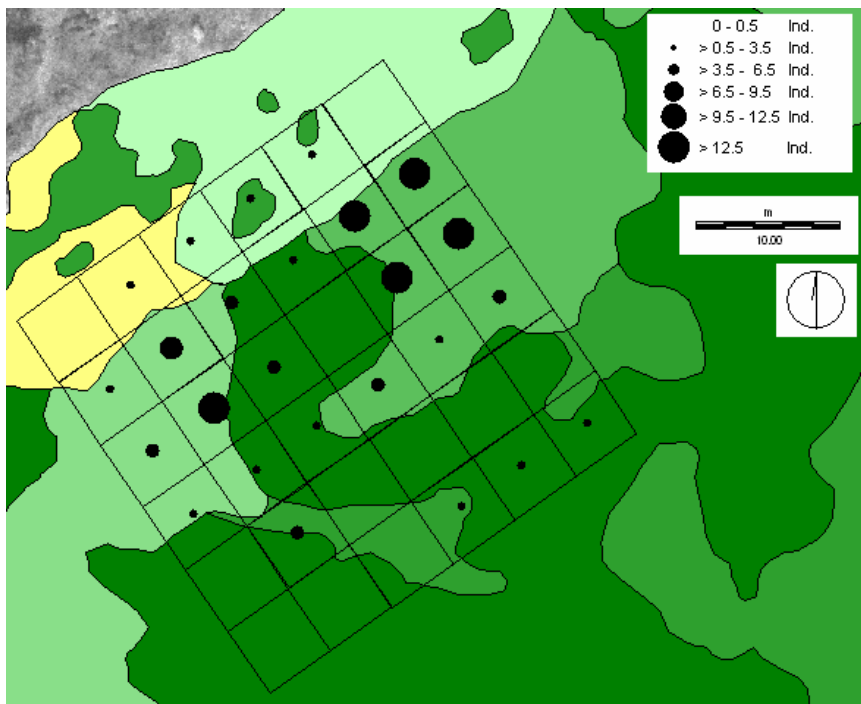


Abb. A8: Pullus-Insel: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche PU, Fangereignis 2 (28./30.6.2005).

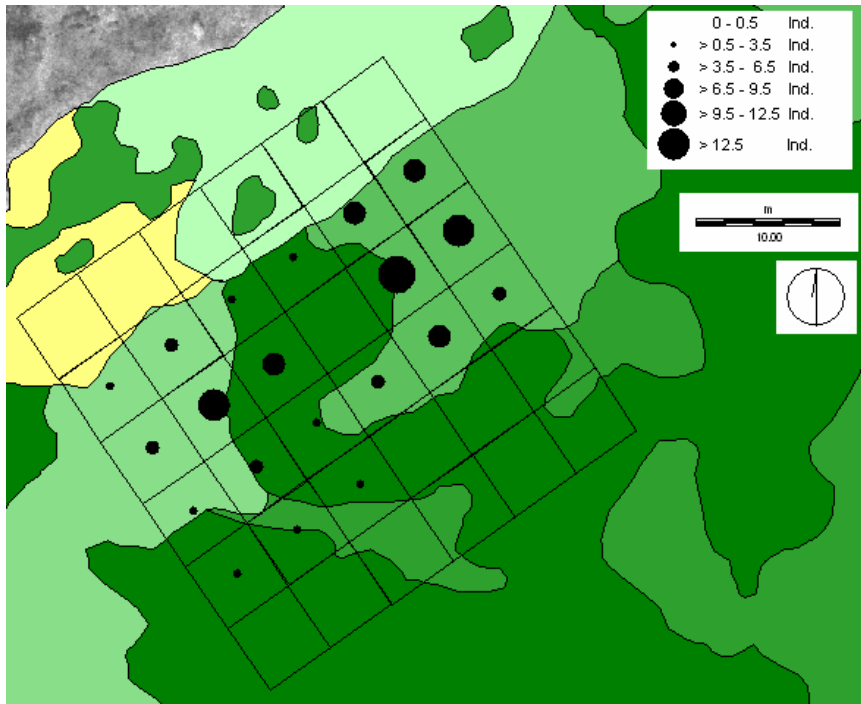


Abb. A9: Pullus-Insel: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche PU, Fangereignis 3 (16./17.7.2005).

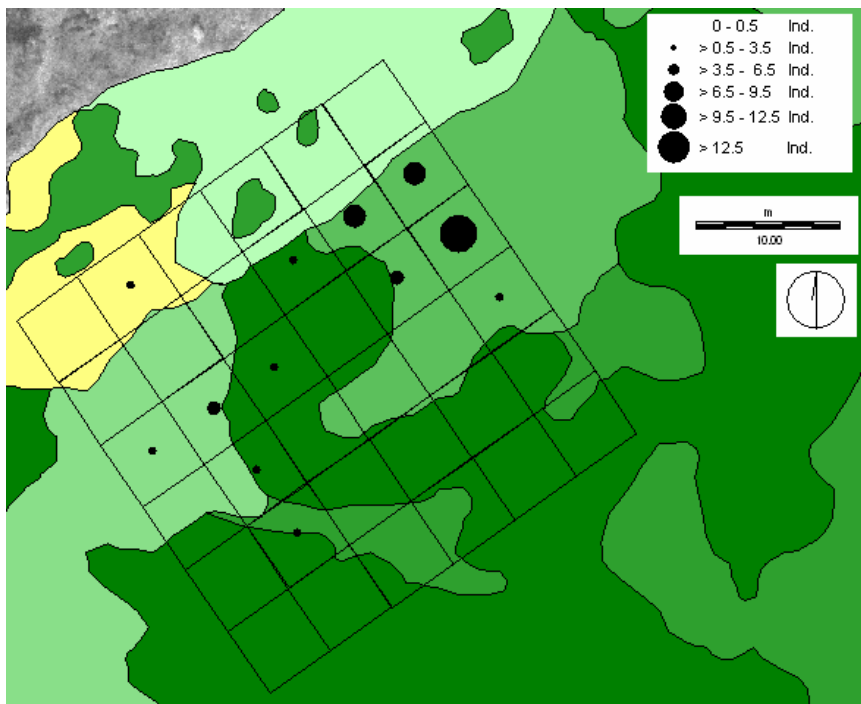


Abb. A10: Pullus-Insel: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche PU, Fangereignis 4 (4./5.8.2005).

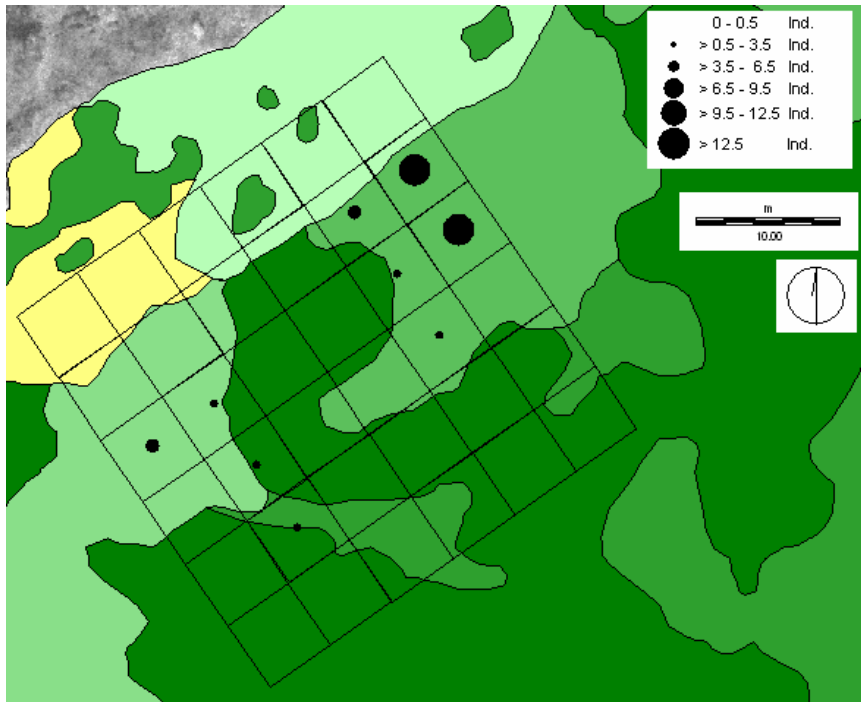


Abb. A11: Pullus-Insel: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche PU, Fangereignis 5 (18./19.8.2005).

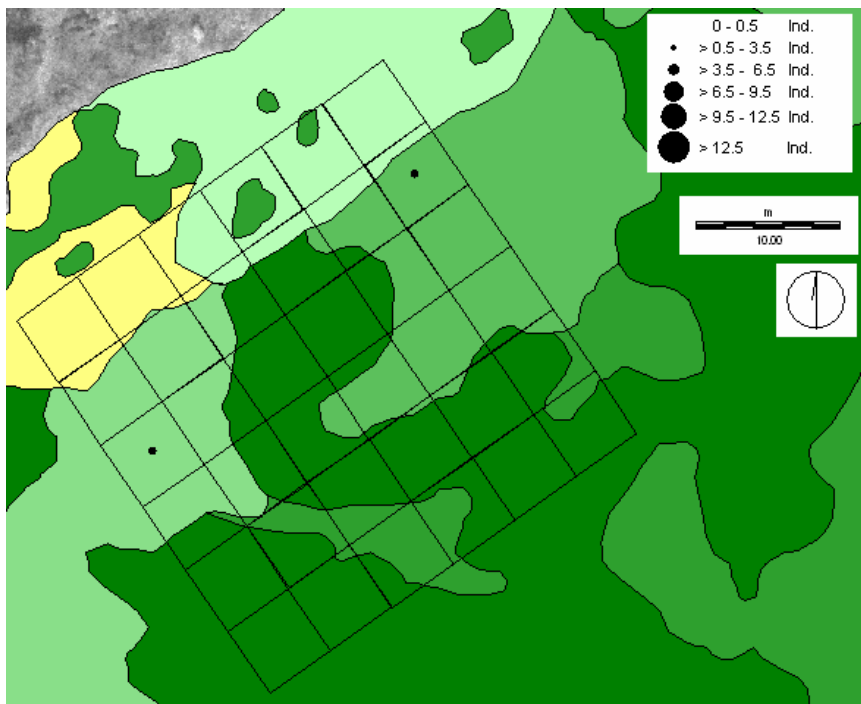


Abb. A12: Pullus-Insel: Verteilung von *C. pullus* (Ind./m²) auf der Untersuchungsfläche PU, Fangereignis 6 (1./2.9.2005).

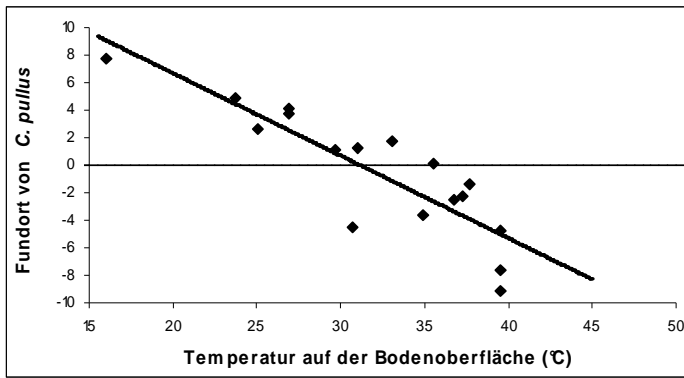


Abb. A13: Pullus-Insel, Z1: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (Temperatur; Regressionsgerade: $y = -0.59x + 18.66$; $R^2 = 0.76$; $p < 0.01$; $n = 17$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

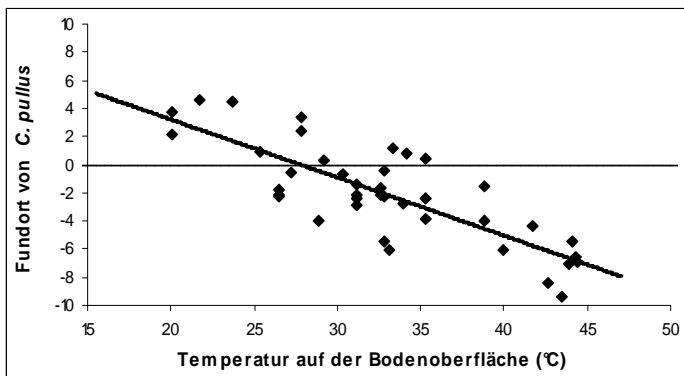


Abb. A14: Pullus-Insel, Z4: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (Temperatur; Regressionsgerade: $y = -0.41x + 11.47$; $R^2 = 0.65$; $p < 0.01$; $n = 40$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

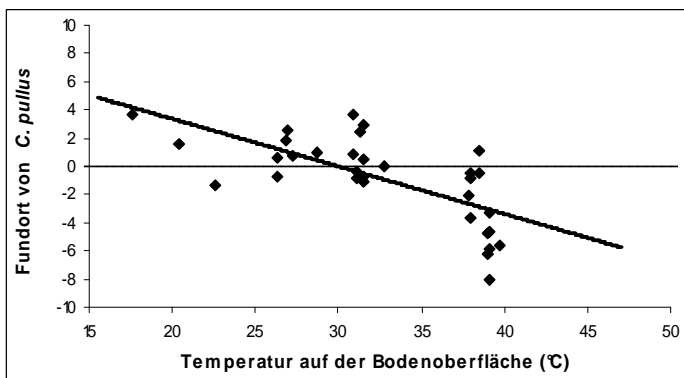


Abb. A15: Pullus-Insel, Z5: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (Temperatur; Regressionsgerade: $y = -0.34x + 10.01$; $R^2 = 0.47$; $p < 0.01$, $n = 32$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

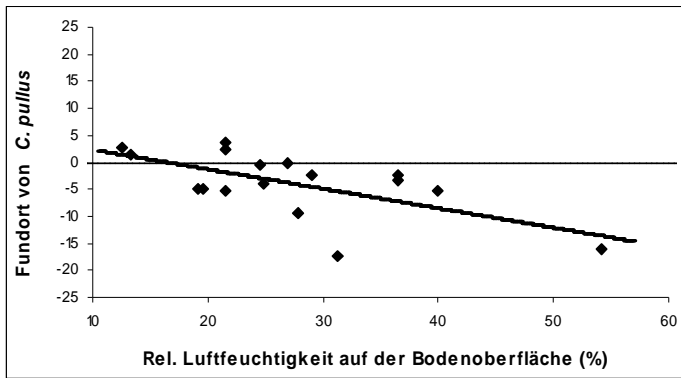


Abb. A16: Pullus-Insel, Z1: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (rel. Luftfeuchtigkeit; Regressionsgerade: $y = -0.36x + 5.93$; $R^2 = 0.40$; $p = 0.01$; $n = 17$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

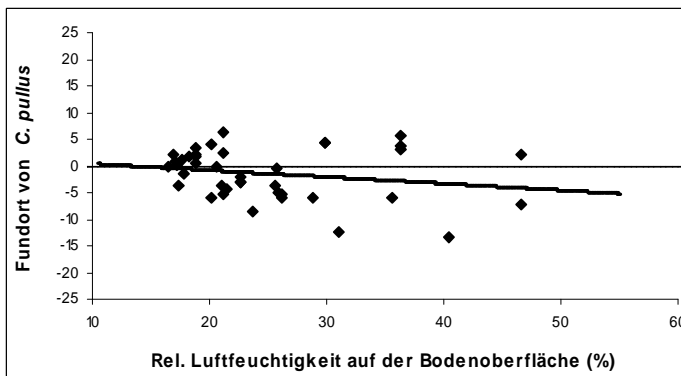


Abb. A17: Pullus-Insel, Z4: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (rel. Luftfeuchtigkeit; Regressionsgerade: $y = -0.12x + 1.65$; $R^2 = 0.04$; $p = 0.19$; $n = 40$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

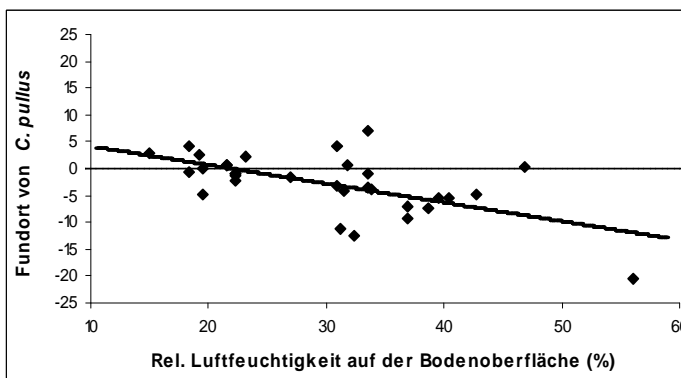


Abb. A18: Pullus-Insel, Z5: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (rel. Luftfeuchtigkeit; Regressionsgerade: $y = -0.35x + 7.66$; $R^2 = 0.37$; $p < 0.01$; $n = 32$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

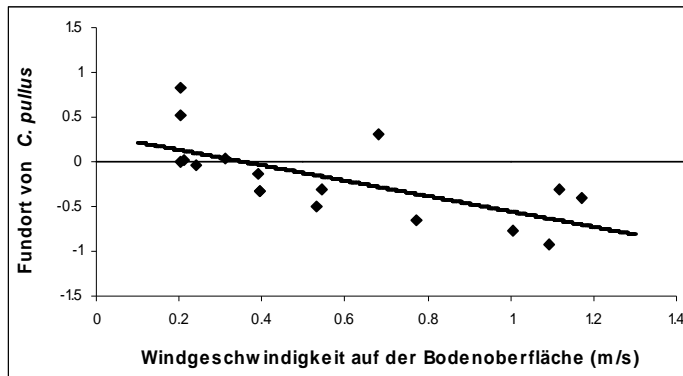


Abb. A19: Pullus-Insel, Z1: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (Windgeschwindigkeit; Regressionsgerade: $y = -0.86x + 0.31$; $R^2 = 0.45$; $p < 0.01$; $n = 17$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

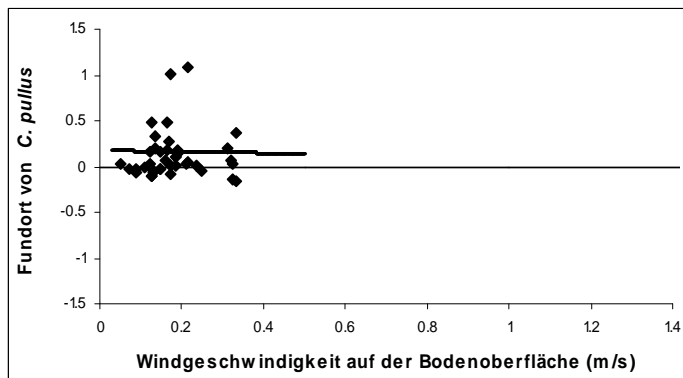


Abb. A20: Pullus-Insel, Z4: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (Windgeschwindigkeit; Regressionsgerade: $y = -0.06x + 0.18$; $R^2 < 0.001$; $p = 0.94$; $n = 40$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

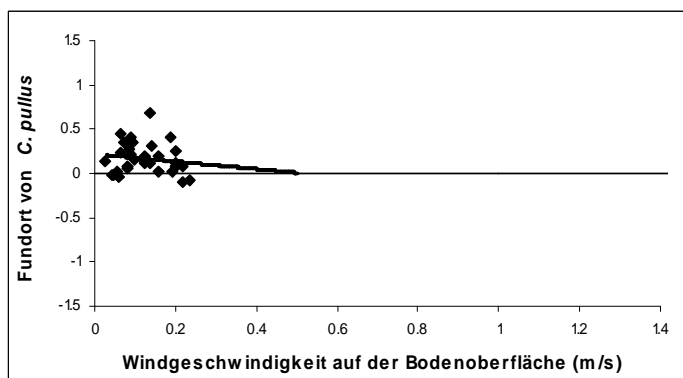


Abb. A21: Pullus-Insel, Z5: Mikroklimawahl von *C. pullus* in Abhängigkeit der klimatischen Verhältnisse zum Fundzeitpunkt (Windgeschwindigkeit; Regressionsgerade: $y = -0.42x + 0.22$; $R^2 < 0.02$; $p = 0.42$; $n = 32$) (y-Achse: Differenz zwischen Fundortklima und Zonenklima).

Tab. A1: Heuschreckenassoziation im Russenbrunnen (Ru.bru.) und auf der Pullus-Insel (Pul.-Ins.)
 (- = keine, + = einzelne, ++ = mehrere und +++ = viele Individuen, Tiere).

		Häufigkeit	
		Ru.bru.	Pul.-Ins.
Ensifera	<i>Platycleis albopunctata</i>	+++	-
	<i>Tettigonia viridissima</i>	+	-
	<i>Oecanthus pellucens</i>	++	-
Caelifera	<i>Calliptamus italicus</i>	+++	+++
	<i>Chorthippus brunneus</i>	++	+
	<i>Chorthippus mollis</i>	++	+
	<i>Chorthippus pullus</i>	+++	+++
	<i>Chorthippus vagans</i>	+++	+++
	<i>Oedipoda caerulea</i>	+++	+++
	<i>Oedipoda germanica</i>	++	+
	<i>Sphingonotus caeruleus</i>	-	++
	<i>Stauroderus scalaris</i>	+	-
	<i>Tetrix tenuicornis</i>	+	-

Tab. A2: Verteilung von *C. pullus* auf den Untersuchungsflächen im Russenbrunnen und auf der Pullus-Insel: mit dem Mittelwert-Varianzverhältnis-Test wurde auf eine Abweichung von einer Zufallsverteilung getestet (signifikante p-Werte weisen auf eine geklumpfte Verteilung hin).

Russenbrunnen						Pullus-Insel					
FE	Datum	s^2 / \bar{x}	χ^2	d.f.	p	FE	Datum	s^2 / \bar{x}	χ^2	d.f.	p
1	16.6.2005	1.5	87.4	57	0.01	1	9.6.2005	4.0	139.3	35	< 0.01
	17.6.2005	1.5	83.2	57	0.01		10.6.2005	3.1	109.7	35	< 0.01
2	5./11.7.05	2.6	146.6	57	< 0.01	2	28.6.2005	4.0	141.3	35	< 0.01
	6./12.7.05	2.3	131.7	57	< 0.01		30.6.2005	4.1	144.1	35	< 0.01
3	27.7.2005	2.7	154.2	57	< 0.01	3	16.7.2005	5.1	178.0	35	< 0.01
	28.7.2005	2.6	150.2	57	< 0.01		17.7.2005	5.7	199.9	35	< 0.01
4	16.8.2005	2.1	118.8	57	< 0.01	4	4.8.2005	6.4	222.6	35	< 0.01
	17.8.2005	2.0	116.8	57	< 0.01		5.8.2005	5.4	190.3	35	< 0.01
5	30.8.2005	2.3	130.9	57	< 0.01	5	18.8.2005	6.9	240.8	35	< 0.01
	31.8.2005	3.5	197.7	57	< 0.01		19.8.2005	8.1	283.1	35	< 0.01
						6	1.9.2005	1.4	50.0	35	0.05
							2.9.2005	1.3	45.4	35	0.11

Tab. A3: Pullus-Insel: Abundanzen (Ind./m²) von *C. pullus* im Juni und im Juli. Die ungleiche Verteilung der Tiere über die Zonen innerhalb einer Zählung ist jeweils hoch signifikant ($p < 0.001$) (grau: höchste Dichten).

Zonen	Juni		Juli	
	Morgen	Nachmittag	Morgen	Nachmittag
1	0.03	0.05	0.01	0.01
2	0.10	0.09	0.02	0.03
3	0.21	0.12	0.21	0.26
4	0.80	0.39	0.48	0.55
5	0.15	0.07	0.05	0.06
6	0.03	0.01	-	-

Tab. A4: Mikroklimawahl: Anzahl der erfassten Männchen (M) und Weibchen (W) von *C. pullus* im Juli und August.

Zonen	Juli		Aug.		Total		
	M	W	M	W	M	W	ges.
1	5	7	1	4	6	11	17
4	11	9	12	8	23	17	40
5	11	9	8	4	19	13	32
Σ	27	25	21	16	48	41	89