

## **Raumnutzung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) im Ackerbaugesamtgebiet**



Bachelorarbeit

von  
**Schweizer Esther**

Bachelorstudiengang 2008/10  
Abgabedatum: 13. Januar 2014  
Umweltingenieurwesen

### **Fachkorrektoren:**

#### **Wiedemeier, Patrik, Zoologe dipl. phil. II**

Dozent Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Schloss, 8820 Wädenswil

#### **Schmidt, Benedikt, Dr. sc. nat.**

Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch)  
Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften der Universität Zürich

#### **Graf, Roland Felix, Prof., Dr. sc. ETH**

Leiter und Dozent Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Schloss, 8820 Wädenswil

## **Impressum**

### **Autorin**

Esther Schweizer  
Vorzielstrasse 32  
5015 Erlinsbach

### **Zitiervorschlag**

Schweizer, E. (2014): Raumnutzung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) im Ackerbaugebiet. Bachelorarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil.

### **Keywords**

Bufo calamita, Telemetrie, Raumnutzung, Landwirtschaftsgebiet, Streifgebiet

Titelbild: Abbildung 1: Kröte Vasko bei Regen, 03.07.2013 / E. Schweizer

## Zusammenfassung

Kiesgruben sind typische Sekundärlebensräume für Kreuzkröten. Durch die Intensivierung des Abbaus eignet sich dieser Lebensraum immer weniger als Lebensraum für diese Art. Seit einigen Jahren werden Kreuzkröten vermehrt an Spontangewässern im Landwirtschaftsgebiet bei der Fortpflanzung beobachtet und es gibt bereits Beispiele für langjährige Vorkommen. Im Rahmen eines griffigen Aktionsplanes zur Förderung der Kreuzkröte will der Kanton Aargau anhand einer Studie herausfinden, ob die Tiere das Landwirtschaftsgebiet auch als Sommerlebensraum und Überwinterungsstandort nutzen. Zudem soll die Studie aufzeigen, a) wo die Streifgebiete liegen, b) welche Habitattypen und Versteckstrukturen im Laufe einer Saison von Kreuzkröten genutzt und bevorzugt werden.

Die Telemetrie-Studie fand im Oberen Suhrental, Kt. Aargau statt. Fünfzig adulte, männliche Kreuzkröten wurden mit externen Sendern ausgerüstet und ihre Fundorte anfänglich täglich, gegen Ende der Untersuchung mehrmals wöchentlich aufgezeichnet. Mittels einer Lebensraumanalyse wurde das Habitatangebot bezüglich Bodenbearbeitung, Vegetation und räumlicher Anordnung digitalisiert.

Die Studie deckte auf, dass adulte Kreuzkröten das Landwirtschaftsgebiet ganzjährig nutzten und dass Laichgewässer, Sommerlebensraum und Winterstandorte, weit auseinanderlagen. Ihre Streifgebiete platzierten sie ausschliesslich in Gebiete mit kleinen oder schmal-streifigen Anbauflächen und fast immer in den Randbereich der Anbauflächen. Die besenderten Tiere zeigten eine Präferenz für Wiesen und Weiden im Frühling und Herbst, nutzten im Verlaufe des Sommers aber vor allem gepflügte Flächen, namentlich Getreide-, Mais- und später Gemüse- und Kartoffelfelder. Als Überwinterungsstandorte wählten sie hauptsächlich sonnige Böschungen mit tief hinabführenden Mäusgängen. Bevorzugte Versteckstrukturen waren Feldmausgänge, Erdspalten, kleine Bodensenken, Grasbüschel oder andere Vegetation. In Gemüse- und Kartoffelfeldern gruben sie sich im Sommer bis zu 30 cm tief ein. Es konnten keine Verletzungen oder Todesfälle durch ackerbauliche Massnahmen beobachtet werden.

Aus den Resultaten dürfen wir schliessen, dass das Landwirtschaftsgebiet als Sommerlebensraum und Überwinterungsstandort für adulte Kreuzkröten durchaus geeignet ist, sofern kleine oder schmal-streifige Anbauflächen mit entsprechender Strukturvielfalt vorhanden sind. Als Aufwertungsmassnahmen sollten bestehende Spontangewässer, die bereits als Laichplätze dienen, geschützt und weitere Nassstellen mit mindestens viermonatiger Wasserführung geschaffen werden. Diese sollten in Randzonen von Anbauflächen und in die Nähe von sonnigen Böschungen platziert werden.

## Abstract

Gravel pits have been the typical secondary habitat for natterjack toads (*Bufo calamita*), however increased gravel production has made this habitat type less suitable for this species. Hence, natterjack toads are now observed more often in agricultural areas, reproducing in seasonal ponds or wetlands. In some agricultural areas toad populations have already been observed for many years.

The Canton of Aargau funded a study to find out if the toads use agricultural areas as summer and hibernation habitats. Further aims of the study were: a) to capture the location and extent of the toads' home ranges b) the habitats and shelters the toads occupy during the seasons. The results will have implications for the conservation management of the endangered toads.

A natterjack toad telemetry-study was conducted in the upper valley of the Suhre in the Canton of Aargau, Switzerland. A sample of 50 adult male natterjack toads were tagged with external radio transmitters. The location of the toads was checked and recorded, at the beginning daily, towards the end several times a week. A survey of the agricultural area was conducted to understand the available habitats for the toads with regards to type of soil cultivation, vegetation and spatial relations. The survey data was digitized to provide an overlay with the toads' home range locations.

The study showed that adult natterjack toads indeed use agricultural areas all year round and that summer- and winter habitats at least in this case were far away from the place of reproduction. Their home ranges were identified exclusively in areas where the cultivation fields were rather small or created as long stripes. The toads preferred grassland and meadows in spring and fall, yet in summer they tended to use ploughed fields. They used wheat or corn fields and later in the season vegetable- and potato fields. Preferred structures for shelter were mouse holes, crevasses, even small depressions in the soil or tufts of grass or other patchy vegetation. In vegetable and potato fields they were found dug in up to 30 cm deep in the summer. For hibernation they chose sunny slopes with deep mouse holes. No casualties or injuries due to agricultural measures have been observed for the tagged toad population.

Based on the data collected, we can conclude that agricultural areas are suitable as summer and winter habitat for adult natterjack toads, but they need to have different cultivation fields in close proximity offering a variety of habitats. For natterjack toad conservation, all current wetlands used by the toads for reproduction need to be protected. Further, more small wetlands should be created, staying wet at least for 4 months. These wetlands should be placed at the convergence of different cultivation fields and close to sunny slopes where the toads can find frost-free soil for hibernation.

# Danksagung

Neben den Korrektoren Patrik Wiedemeier, Benedikt Schmidt und Roland Graf waren viele weitere Personen massgeblich an der Arbeit beteiligt:

- Ein spezieller Dank geht an Christian Stickelberger. Er war ein zuverlässiger Helfer und unermüdlich zu allen Tages- und Unzeiten bei der Feldarbeit im Einsatz.
- Ein grosser Dank steht Christoph Bühler, Hintermann & Weber AG, zu. Er nahm sich stets Zeit, meine vielen Fragen zu beantworten und unterstützte mich in allen Belangen.
- Ich bedanke mich innig bei Markus Künz, meinem Ehemann, für die geduldige Begleitung während der Feldarbeit, seine stete Unterstützung bei den Besenderungen und seine grosse Sorgfalt und Ausdauer beim Ausgraben der Tiere.
- Ein herzlicher Dank geht an alle freiwilligen Helfer. Sie haben bei den nächtlichen Besenderungsaktionen und der Datenaufnahme auf dem Feld wertvolle Unterstützung geleistet.
- Ein grosser Dank geht an alle Landwirte und Landbesitzer der betroffenen Gemeinden. Sie haben mir erlaubt, die Felder zu betreten und haben mir während der Feldarbeit stets geduldig und interessiert Auskunft erteilt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Fragestellungen und Hypothesen</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Methoden</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Untersuchungsgebiet</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Untersuchte Tierart</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Lebensraumanalyse</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Telemetrie</b>	<b>17</b>
<b>3.5</b>	<b>Auswertungen und Statistik</b>	<b>19</b>
3.5.1	Habitatangebot	19
3.5.2	Grösse und Form der Streifgebiete	19
3.5.3	Lage der Fundorte und Streifgebiete	20
3.5.4	Habitat Nutzung	21
3.5.5	Habitat Präferenz	22
3.5.6	Nutzung von Versteckstrukturen	22
3.5.7	Einflussfaktor Zeit	22
3.5.8	Mortalität- und Verletzungsrate	22
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Habitat Angebot</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Grösse und Form der Streifgebiete</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Lage der Fundorte und Streifgebiete</b>	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>Habitatpräferenz</b>	<b>34</b>
<b>4.5</b>	<b>Nutzung von Versteckstrukturen</b>	<b>35</b>
<b>4.6</b>	<b>Einflussfaktor Zeit</b>	<b>37</b>
<b>4.7</b>	<b>Mortalitäts- und Verletzungsrate</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Antworten auf Fragestellungen und Hypothesen in Kapitel 2</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>Ist das Ackerbaugelände für Kreuzkröten geeignet?</b>	<b>45</b>

5.3	Beurteilung der angewendeten Methoden .....	47
5.4	Relevanz der Resultate zu einer nachhaltigen Entwicklung .....	48
6	Konsequenzen für die Förderung der Kreuzkröte ( <i>Bufo calamita</i> ) im Landwirtschaftsgebiet _____	49
7	Literaturverzeichnis _____	52

# 1 Einleitung

Die Kreuzkröte (*Bufo calamita*) ist ausschliesslich in Europa beheimatet und gilt in vielen Staaten als gefährdet. Ihr Verbreitungsgebiet verläuft von Portugal entlang der Alpennordseite bis nach Russland und den Baltischen Staaten. Ebenfalls gibt es Vorkommen in Irland, Grossbritannien und in Küstengebieten Schwedens (Sinsch, 1998). Gemäss Sinsch (1998) ist dieses Verbreitungsgebiet seit mindestens 100 Jahren, wahrscheinlich aber schon viel länger, gleich gross geblieben. Auf regionaler Skala betrachtet sind in den letzten Jahrzehnten jedoch in allen Ländern nördlich der Pyrenäen deutliche oder sogar massive Bestandeslücken entstanden. Diese wachsenden Lücken repräsentieren das Aussterben ganzer Metapopulationen, die als Bindeglieder untereinander für die genetische Vielfalt der Kreuzkröte unverzichtbar sind (Sinsch, 1998).

In der Schweiz zählt die Kreuzkröte zu den seltenen Amphibienarten und ist auf der Roten Liste der gefährdeten Amphibien 2005 als stark gefährdet (endangered EN, nach IUCN-Kriterien) eingestuft (Schmidt & Zumbach, 2005). Auch hier sind viele Vorkommen in den letzten Jahrzehnten erloschen. Zwar stieg in den 60er und 70er Jahren die Fundortdichte durch die intensive Bautätigkeit und damit verbunden der erhöhten Anzahl Materialabbaugebiete deutlich an, weil so unbeabsichtigt neue Sekundärhabitats entstanden. Seither sind aber sechzig Prozent der Vorkommen wieder verschwunden.

Ihre Primärlebensräume waren einst die offenen Überschwemmungsgebiete des Tieflandes, wo Flüsse die Landschaft dynamisch gestalteten, Rohböden und temporäre Kleingewässer immer wieder neu entstanden (Mermod et al., 2010) und Auen von Makroherbivoren offen gehalten wurden. Mit der anfänglich extensiven agrarischen Nutzung durch den Menschen kam die Kreuzkröte lange gut zurecht. Auch hier fand sie offene Landschaften mit Brachflächen und Weideland (Berger, Pfeffer, & Kalettka, 2011). Mit den gross angelegten Gewässerkorrekturen der letzten 150 Jahre und den systematisch durchgeführten Trockenlegungen der Ackerbaugebiete änderte sich dies allerdings drastisch. Die Nass- und Feuchtgebiete, die temporären Tümpel und Pfützen verschwanden flächendeckend und damit die potentiellen Laichgebiete als wichtigster Schlüsselfaktor der Kreuzkröten-Vorkommen. Die Kreuzkröte wickelte sich aus auf Kiesgrubenareale, Waffenplätze, Industriebrachen, Naturschutzgebiete und Tongruben (Mermod et al., 2010; Meier, 2004), dort, wo der Mensch anstelle natürlicher Wasserdynamik neue Lebensräume schafft und unterhält.

Die Vorkommen der Kreuzkröten sind heute vorwiegend von diesen Sekundärstandorten abhängig und damit leider von der Landschaftsplanung und krisenanfälligen Landschaftsnutzung durch den Menschen (Sinsch, 1998). Bisher zielten Förderungsprojekte darauf ab die Art vor allem in diesen Sekundärlebensräumen zu fördern, doch zeigen die rückgängigen Bestandeszahlen, dass diese Habitats zu wenig geeignet, rein zahlenmässig ungenügend, zu wenig dicht und ungenügend vernetzt sind, um den langfristig notwendigen Genaustausch zwischen Metapopulationen zu ermöglichen. Viele Vernetzungskorridore werden zudem durch landwirtschaftliche Nutzflächen gebildet,



Flächen, welche seit den grossen Gewässerkorrekturen und der Intensivierung der Landwirtschaft als unbrauchbar gewordene Lebensräume für Kreuzkröten gelten. Der Verlust dieser Sekundärlebensräume ist hauptverantwortlich für den aktuellen Rückgang der Kreuzkröte in der Schweiz.

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen durchlaufen eine Entwicklung, die den Kreuzkröten und vielen anderen Amphibien und Tierarten zu Gute kommen könnte: Die vor Jahrzehnten aufwändig trockengelegten Böden sind durch den Abbau der organischen Bodenanteile mittlerweile so massiv abgesenkt und dem Grundwasserspiegel angenähert, dass an vielen Orten eine sekundäre Wiedervernässung erfolgt. Viele alte Drainagerohre sind längst verstopft oder unwirksam geworden, Unterhaltmassnahmen zu teuer oder aufgrund fehlender Kartenverzeichnisse gar nicht möglich. Der Gebrauch schwerer Maschinen in der intensiv betriebenen Landwirtschaft trägt ausserdem stark zur Verschlammung und Verdichtung des Bodens bei (Seitz, 2013; Bosshard, Schläpfer, & Jenny, 2011). Die Folge ist, dass wieder vermehrt Nassstellen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen entstehen, temporäre Tümpel und Pfützen, wie Kreuzkröten sie bevorzugt zum Ablachen aufsuchen.

Tatsächlich besiedelt die Kreuzkröte in der Schweiz an diversen Standorten wieder Spontangewässer im Ackerbaugebiet und es gibt Beispiele für langjährige Vorkommen. Allerdings ist denkbar, dass die Tiere immer wieder neu aus umliegenden Kiesgrubenarealen oder Naturschutzgebieten zum Ablachen in Ackerbaugebiete einwandern, sie selbst und ihre Nachkommen aber nur geringe Überlebenschancen haben. Dann wären die Tümpel im Ackerland allerdings eine Ökofalle und für die Förderung der Kreuzkröte ungeeignet.

Angesichts des Gefährdungstatus der Kreuzkröten, des Rückganges ihrer bisherigen Lebensräume und der Verpflichtung von Bund und Kantonen, bedrohte Arten vor der Ausrottung zu bewahren (Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (BV, 1999), Art. 78 Abs. 4, und Bundesgesetz über den Natur und Heimatschutz (NHG, 1966), Art 18, und Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV, 1991), Art 20) rückt die potenzielle Eignung von Landwirtschaftsgebiet als Kreuzkröten-Lebensraum in den Fokus für Artenschutz- und Förderungsprogramme. Der Kanton Aargau als Wasserkanton der Schweiz möchte die Kreuzkröte mit einem griffigen Aktionsplan verstärkt fördern und seine Förderstrategien wissenschaftlich abstützen. Im Rahmen dieses Aktionsplanes hat er die vorliegende Studie in Auftrag gegeben und finanziert. Sie ist ein gemeinsames Projekt des Departementes Bau, Verkehr und Umwelt (BVU), Abt. Landschaft & Gewässer, Sektion Natur & Landschaft, der Firma Hintermann & Weber AG und der karch.

Die Studie soll aufdecken, ob und wie adulte Kreuzkröten das Ackerbaugebiet als Lebensraum nutzen. Sie soll zeigen, wie gross ihre Streifgebiete sind, wo und wann sie sich bevorzugt aufhalten. Sie soll herausfinden, ob Kreuzkröten die offene Ackerfläche wie vermutet meiden, wo sie nach Nahrung suchen und wo ihre Unterschlupfplätze liegen. Ebenfalls soll sie Anhaltspunkte geben, wie hoch die durch ackerbauliche Nutzung bedingten Verluste bei adulten Tieren im Laufe einer Saison sind.

Mit diesen Erkenntnissen wird die vorliegende Studie einen wichtigen Beitrag leisten zur grundsätzlichen Frage, ob Kreuzkröten im Ackerbaugebiet der Schweiz überhaupt überlebensfähige Populationen aufbauen können und ihre Förderung im Ackerbaugebiet sinnvoll ist.

## 2 Fragestellungen und Hypothesen

### 1. Home Range Platzierung: Wo platzieren Kreuzkröten ihre Streifgebiete im Landwirtschaftsgebiet?

Grundsätzlich soll herausgefunden werden, ob Kreuzkröten nach der Reproduktion im Ackerbaugesamt bleiben und diesen auch als Sommerlebensraum und zur Überwinterung nutzen. Von Interesse ist, ob die Streifgebiete in unmittelbarer Nähe vom Laichgewässer platziert werden, bzw. wie weit weg diese liegen. Explizit von Interesse ist, ob bestimmte Strukturen oder Habitattypen im Landwirtschaftsgebiet, z.B. grosse, offene Ackerflächen, gar nicht als Lebensraum genutzt werden.

#### H0 1:

Die Lage der Streifgebiete von Kreuzkröten, die im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, wird nicht von der Grösse oder Anordnung der Anbauflächen beeinflusst.

#### Hypothese 1:

Die Lage der Streifgebiete von Kreuzkröten, die im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, wird von der Lage oder Grösse der Anbauflächen beeinflusst.

### 2. Habitatnutzung: Wie nutzen Kreuzkröten das Landwirtschaftsgebiet in Bezug auf Bodenbearbeitung, Vegetation und Versteckstrukturen?

Nutzen Kreuzkröten gepflügte wie ungepflügte Flächen, bevorzugen sie bestimmte Vegetationstypen? Ebenfalls soll herausgefunden werden, welche Habitattypen als Sommerlebensraum und welche zur Überwinterung genutzt werden. Zudem interessiert, welche Versteckstrukturen von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet genutzt werden.

#### H0 2:

Die Art der Bodenbearbeitung und / oder der Vegetationstyp einer Fläche haben keinen Einfluss auf die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet.

#### Hypothese 2:

Die Art der Bodenbearbeitung und / oder der Vegetationstyp einer Fläche beeinflussen die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet.

### 3. Einflussfaktor Zeit: Haben Tages- und Jahreszeit einen Einfluss auf die Habitatwahl?

Eine Frage ist, ob die nächtliche Futtersuche auf den gleichen Vegetationsflächen stattfindet, in denen Kreuzkröten tagsüber in Versteckstrukturen verharren. Ebenso interessiert, ob sich die Wahl der Habitattypen im Laufe der Saison ändert. Dies wäre aufgrund multifaktorieller Gründe wie Vegetationshöhe, Temperaturveränderungen, Trockenheit, ackerbauliche Massnahmen etc. zu erwarten.

**H0 3:**

Der Faktor Zeit (Tageszeit, Jahreszeit) hat keinen Einfluss auf die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet.

**Hypothese 3:**

Der Faktor Zeit (Tageszeit, Jahreszeit) beeinflusst die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet.

**4. Home Range Grössen: Wie gross sind Home und Core Ranges der Kreuzkröten im Suhrental?**

Die Habitatgrösse kann Anhaltspunkte geben über die Bedingungen, die im Lebensraum vorherrschen. Finden Kreuzkröten ihre nötigen Ressourcen auf kleinem, zusammenhängendem und ihnen gut bekanntem Raum im Landwirtschaftsgebiet?

**H0 4:**

Die 95% Home und 50% Core Ranges von Kreuzkröten, die an Nassstellen im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, sind nicht signifikant grösser als diejenigen von Kreuzkröten mit Laichplatz in der Kiesgrube.

**Hypothese 4:**

Die 95% Home und 50% Core Ranges von Kreuzkröten, die an Nassstellen im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, sind signifikant grösser als diejenigen von Kreuzkröten mit Laichplatz in der Kiesgrube.

**5. Mortalität: Wie hoch sind die durch ackerbauliche Massnahmen bedingten Verluste bei adulten Tieren im Laufe einer Saison?**

Wie viele Hinweise auf eine Verletzung / Tod von Kreuzkröten durch ackerbauliche Massnahmen können im Laufe der sechsmonatigen Telemetrie-Studie gesammelt werden?

**H0 5:**

Während der sechsmonatigen Telemetrie-Studie können keine Hinweise auf eine Verletzung oder Tod von Kreuzkröten durch ackerbauliche Massnahmen gesammelt werden.

**Hypothese 5:**

Während der sechsmonatigen Telemetrie-Studie können mehrere Hinweise auf eine Verletzung oder Tod von Kreuzkröten durch ackerbauliche Massnahmen gesammelt werden.

## 3 Methoden

### 3.1 Untersuchungsgebiet

Die Studie wurde im Ackerbaugebiet des Oberen Suhrentales in den Gemeindegebieten Staffelbach, Kirchleerau, Moosleerau, Attelwil und Reitnau durchgeführt. Das nordwestwärts verlaufende Talbecken liegt zwischen 470 und 510 Meter über Meer und wird beidseitig abgegrenzt durch Moränenwälle des Reussgletschers. Im Gebiet von Staffelbach hinterliess dieser eine markante Endmoräne, die das obere Suhrental zum unteren Tal geographisch abgrenzt und bewirkte, dass die ohnehin mit geringem Gefälle sich hinschlängelnde Suhre fruchtbare Ablagerungen im Talboden hinterliess. Die Siedlungen des einst sumpfigen Tals wurden an erhöhter Lage errichtet und in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgten die ersten Flusskorrekturen (Widmer, 1961). Heute repräsentiert das Tal eine typische, durch Trockenlegung und Flussbegradigung entstandene landwirtschaftlich geprägte Ebene des schweizerischen Mittellandes (Finger, Kläy, Wisler, & Wittwer, 2011). Es handelt sich um eine offene, stark ausgeräumte Kulturlandschaft mit intensivem Getreide-, Futter- und Gemüseanbau. Trotz Flusskorrekturen und Absenkung des Grundwasserspiegels wird der Talboden bei Starkniederschlägen stellenweise überflutet, weil das geringe Gefälle und die verdichteten Grundmoränen im Untergrund nur eine langsame Oberflächenentwässerung zulassen (Widmer, 1961). Das alluviale Oberflächenmaterial im Talboden ist skelettarm und lässt sich in mittelschwere bis schwere Lehmböden mit entsprechend hohem Tonanteil, gebietsweise auch etwas leichtere Böden mit hohem Schluff- und teilweise etwas Feinsandanteil einteilen. Der Boden speichert Wasser relativ gut, die Landwirte sind selten auf Bewässerung angewiesen (Widmer, 1961, und eigene Beobachtungen).

Die Jahrestemperaturen, Niederschlagsmengen und Anzahl Sonnenscheinstunden im oberen Suhrental liegen nahe beim Jahresmittel des Schweizer Mittellandes (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Meteo Schweiz, 2013).

Das seit 1999 laufende Amphibien-Monitoring des Kantons Aargau deckte auf, dass im Suhrental langjährige Kernbestände von Kreuzkrötenpopulationen vorhanden sind. Die Kiesgrube Fischer in Staffelbach weist eine sehr grosse Population auf (>200 Individuen). Zudem sind mehrere neue Vorkommen im Landwirtschaftsgebiet aufgetaucht (Bühler, 2012). In der Gemeinde Attelwil wurden in den letzten Jahren kleine Amphibienlaichgewässer im Gebiet Hafni-Moos (Ersatzmassnahme) und Rieden geschaffen und auch die Gemeinde Reitnau hat im Gebiet Surenmoos flache Wasserstellen im Landwirtschaftsgebiet errichtet.

### 3.2 Untersuchte Tierart

Die Kreuzkröte ist auf seichte, temporäre, kleine Tümpel spezialisiert (Meyer, Zumbach, Schmidt, & Monney, 2009) und stellt somit explizite Ansprüche an ihre Laichgewässer. Ihre Fortpflanzung unterteilt sich in eine frühe Laichzeit im April, eine Hauptlaichzeit Ende Mai bis Anfang Juni, und eine späte Laichzeit im Juli. Dies beruht zumindest in einigen Regionen Europas auf der Existenz von bis zu drei Subpopulationen, die nacheinander im selben Gebiet reproduzieren (Sinsch, 1988 und 1992). Da die Art hohe Wassertemperaturen bis über 40 Grad erträgt, kann sie gemäss Sinsch (1998) in minimal 2 Tagen die Embryogenese und in 17 Tagen die larvale Entwicklung durchlaufen. Die Larvendichte kann dabei sehr hoch sein. In dieser Lebensphase ist die Mortalitätsrate extrem hoch aufgrund von Austrocknung und Prädation. Temporäre Gewässer sind aufgrund geringerem Prädationsdruck und weniger interspezifischer Konkurrenz von Vorteil, jedoch ist die Dauer der Wasserführung der bestimmende Schlüsselfaktor und entspricht idealerweise der Dauer ihrer viermonatigen Fortpflanzungsperiode (Sinsch, 1998).

Als Landlebensraum bevorzugen juvenile und adulte Kreuzkröten brache Flächen. Sie sind nachtaktiv und ernähren sich hauptsächlich von Milben (juvenile Kröten), Käfern, anderen Insekten, Tausendfüssler und Spinnen (Sinsch, 2009). Tagsüber halten sie sich versteckt. Zum Schutz vor Austrocknung bei längeren Hitzeperioden und zur Überwinterung sind sie auf grabbare Böden oder Böden mit Lückensystemen angewiesen (Sinsch, 1998). Die Mortalitätsrate der juvenilen Phase liegt bei 80-90%, nach der Geschlechtsreife ab dem dritten Lebensjahr bei 50-60% pro Jahrgang. Als ausschlaggebende Faktoren werden Prädation, Dehydration und Kältetod sowie die hohe Dynamik des gewählten Landlebensraumes angenommen (Sinsch, 1998). Die Lebenserwartung im Freiland liegt bei sieben bis neun Jahren (Leskovar et al., 2006).

In dieser Studie wurden ausschliesslich erwachsene, männliche Individuen untersucht. Sie stellen Ansprüche an ihren Lebensraum in Bezug auf Fortpflanzung, als Sommerlebensraum und zur Überwinterung wie folgt:

**Fortpflanzung:** Gut erreichbare und genügend Fortpflanzungsgewässer mit den Merkmalen sonnenexponiert, flach, vegetations- und möglichst prädatoren- und konkurrenzarm. Diese sollten im Optimalfall von Mitte April bis Ende August Wasser führen. Während der Rufperioden müssen die Tiere in unmittelbarer Nähe Nahrung sowie Schutz vor Prädation, vor Kälte, Überschwemmung, Hitze und Trockenheit finden (Sinsch, 1998).

**Sommerlebensraum:** Erwachsene Kreuzkröten brauchen viel Nahrung, um sich Fettreserven für die Überwinterung anzulegen. Die nächtliche Nahrungssuche wird öfters unterbrochen, um sich in nahegelegenen warmen Verstecken wieder aufzuwärmen (Sinsch, 1990 in Sinsch (1998)). Tagsüber bleiben sie in ihren Verstecken, die vor Prädation, Hitze und Austrocknung sowie allenfalls vor

Überschwemmung schützen müssen. Bei anhaltender Trockenheit müssen Versteckstrukturen genügend Feuchtigkeit bieten, um tage- oder wochenlang darin verharrend eine Ruhephase (Ästivation) einlegen zu können. (Sinsch, 1998).

**Überwinterung:** Der Überwinterungsstandort muss zwingend frostfrei sein, deshalb sind Kreuzkröten auf grabbare Böden (Sand) angewiesen oder solche, die genügend „Lückensysteme“ wie Mäusgänge oder tiefe Felsspalten aufweisen (Sinsch, 1998). Auch dieser Ort muss Schutz vor Austrocknung und gleichzeitig vor Überflutung bieten. Sind im Sommerlebensraum keine geeigneten Standorte vorhanden, so wandern die Tiere zu geeigneten Standorten. Dies ist jedoch mit zusätzlichem Energieaufwand verbunden. Die Winterquartiere werden ab Mitte September bezogen (Sinsch, 1998).

### 3.3 Lebensraumanalyse

Zur Ermittlung des Habitatangebotes führte ich eine Lebensraumanalyse des Untersuchungsgebietes Oberes Suhrental sowie der Kiesgrube Fischer in Staffelbach durch, wobei ich die Merkmale Bodenbearbeitung, Vegetation, Bodenbeschaffenheit, Anzahl und Grösse der Nassstellen, Strassen, Feldwege, Angebot an Klein- und Mikrostrukturen, sowie die räumliche Anordnung aller genannten Elemente untersuchte. Eine Liste der Anbauflächen in den betroffenen Gemeinden (Quelle Departement Finanzen und Ressourcen, Landwirtschaft Aargau) verschaffte einen ersten Überblick über die vorkommenden Vegetationstypen der Anbauflächen und bildete die Grundlage für das Erstellen einer Datenbank (Anhang A).

Als Software für dieses Projekt diente ArcGIS Version 10 von ESRI. Folgende Geodaten wurden von der Fachstelle Geoinformatik, zhaw IUNR zur Verfügung gestellt:

Tabelle 1: Verwendete Geodaten von Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie

Dateiname	Dateiinhalte	Datenformat	Koordinaten-System	Nachführungsdatum	Datenherr	Auflösung
Vector25	Dig. Landschaftsmodell, 9 Ebenen	Vektorformat	CH 1903 LV03	13.08.2008	Swisstopo Bundesamt für Landestopografie	-
LK25	Landeskarte 1:25'000	TIFF-8 BIT	CH 1903 LV03	12.11.2008	Swisstopo Bundesamt für Landestopografie	508 dpi
Orthophotos	Luftbilder Ortho - 14,23,32, 34,41,43	IMAGINE Image-8 BIT	CH 1903 LV03	08. 2008	Swisstopo Bundesamt für Landestopografie	50,50
DHM	Digitales Höhenmodell 1109	IMAGINE Image	CH 1903 LV03	1992	Swisstopo Bundesamt für Landestopografie	25,25

**Vegetation, Bodenbearbeitung, Strassen, Wegrandstreifen und räumliche Verteilung**

Während mehrfacher Begehungen identifizierte ich die Teilflächen und deren Anbaufrucht vor Ort. Flächen, die nicht innert Jahresfrist gepflegt worden waren, deklarierte ich als „ungepflegt“. Unter „Nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen“ fasste ich Strassen, Feldwege, Wohngebiete, Industriezonen, Abbauareale etc. zusammen. Kunstwiesen, Dauerwiesen und Weiden unterschied ich anhand von Struktur, Grasarten, Nutzung und bereitwilliger Auskünfte der Landwirte. Dauerweiden und Umtriebsweiden fasste ich unter dem Begriff „Weide“ zusammen. Noch nicht angebaute Flächen deklarierte ich, sobald die Frucht erkennbar war. Exemplarisch mass ich die Strassenbreiten und Wegrandstreifen. Die Digitalisierung der Flächen erfolgte gemäss Protokoll in Anhang B.

Die Grenzen des Untersuchungsgebietes wählte ich nach folgenden Prioritäten und Kriterien: Alle (bisher gesammelten) Fundorte müssen im Untersuchungsgebiet liegen, und der Abstand der Untersuchungsgrenzen zu den besuchten Laichgewässern soll mindestens 500 Meter betragen. Bei der Kiesgrube soll der Abstand möglichst 300 Meter betragen. Die Untersuchungsgrenze soll entlang von Strassen verlaufen oder entlang von Höhenlinien. Bei deutlicher Geländeneigung soll sie zwischen den Höhenlinien zu liegen kommen.

Die Anordnung der Laichgewässer und die räumliche Verteilung der Kreuzkröten-Fundorte erlaubte schliesslich eine Einteilung des Untersuchungsgebietes in die Gebiete Hafni-Moos, Rieden, Suremoos, Leimen, Wilimatt und Kiesgrube.

**Anzahl Nassstellen und geschätzte Wasserflächen**

Das Untersuchungsgebiet wurde im April, Juni und Mitte Juli bis August grossräumig nach Nassstellen abgesucht. Diese wurden mit dem mobilen GIS digital erfasst. Radius und Wassertiefe wurden geschätzt, und die Anwesenheit von Kreuzkröten, Laich oder Larven vermerkt.

**Angebot an Klein- und Mikrostrukturen als potentielle Tagesverstecke**

Die Begehung im Feld zeigte, dass kaum Kleinstrukturen wie Lesesteinhaufen oder Asthaufen, Mikrostrukturen wie Feldmausgänge hingegen flächendeckend vorhanden waren. Eine Kartierung beider Elemente erübrigte sich.

**Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Areale**

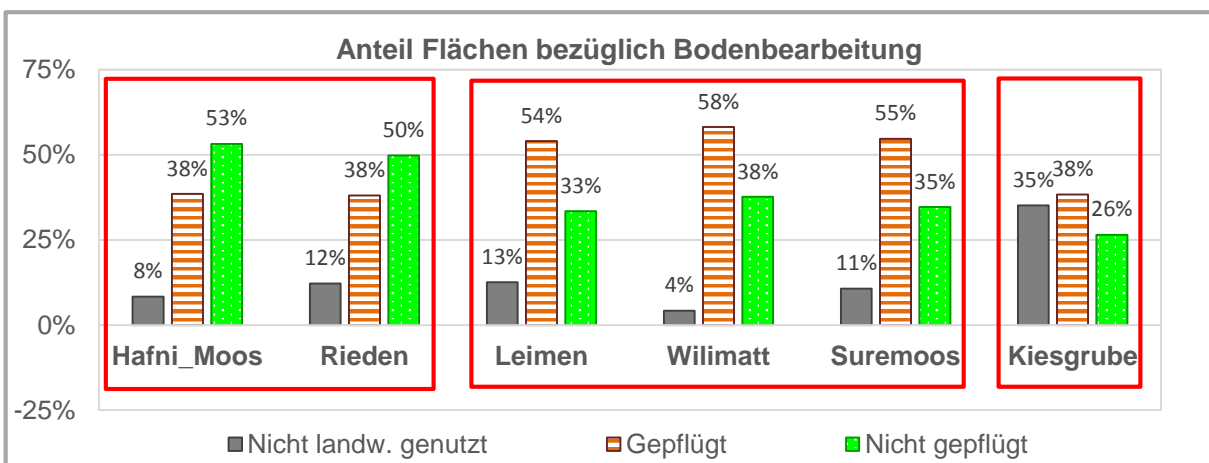


Abbildung 2: Einteilung in Areale



Bei der Aufbereitung der Daten fiel auf, dass die Gebiete Hafni-Moos und Rieden ähnlich hohe Anteile an ungepflügten Flächen (Abb. 2 und Abb. 3, grüne), sowie die Gebiete Leimen, Surenmoos und Wilimatt ähnlich hohe Anteile an gepflügten Flächen (Abb. 2 und 3, streifig-braun) aufwiesen. Deshalb teilte ich diese Gebiete in Areale A und B ein. Das Areal „Kiesgrube“ unterschied sich mit einem Anteil von 35% an nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen wesentlich von Areal A und B (Abbildungen 2 und 3, grau).

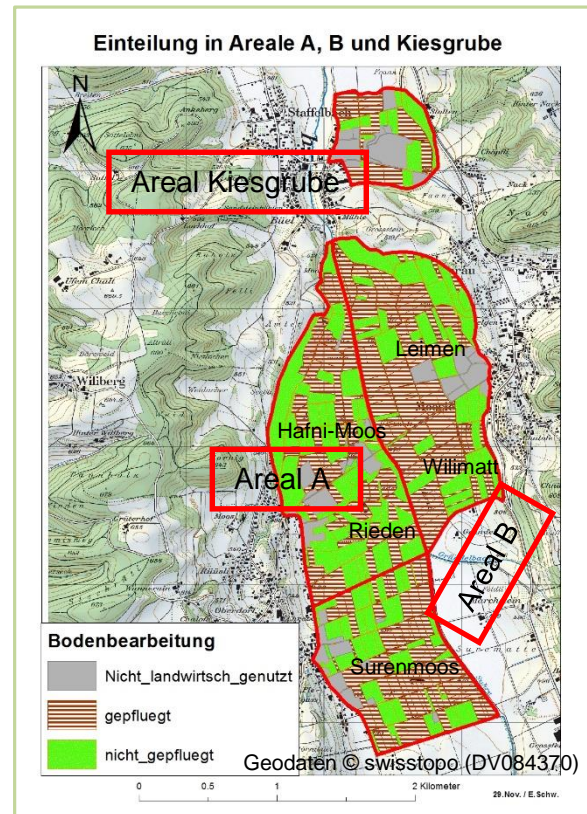


Abb. 3: Übersicht Areale A, B und Kiesgrube

### 3.4 Telemetrie

#### *Vorbereitungen*

Die Verwendung von Funkfrequenzspektren ist in der Schweiz bewilligungspflichtig, deshalb musste als erster Schritt beim Bundesamt für Kommunikation BAKOM eine Funkkonzession eingeholt werden. Diese definierte verfügbare und nicht erlaubte Frequenzen im Bereich von 148.000 bis 149.000 MHz. Erst mit dieser Information war es möglich, die erforderlichen 30 Sender BD-2 (1.95g, Batterielaufzeit 20 Wochen; Holohil Systems, Carp Ontario, Canada) mit den entsprechenden erlaubten Frequenzen zu bestellen.

Als Material für die Befestigung der externen Sender sollten Aluminium-Ketten, Grösse drei und dazugehörige Konnektoren (Ball Chain Manufacturing, Mount Vernon, NY) dienen. Gemäss Anweisung von Rathbun and Murphey (2010) klebte ich mit Epoxid-Kleber (Araldit) am Kopf der Sender je einen Konnektor auf. Nach anfänglichen Misserfolgen während der Feldarbeit erhielt ich kompetente Beratung und Unterstützung durch die Firma Laufwerk GmbH, Technische Orthopädie Aarau. Wir verstärkten die Klebestellen, indem wir die Konnektoren zweifach anbohrten, Keflar-Fäden durch die Löcher zogen und diese seitlich der Senderköpfe entlang oder rundherum festklebten, was die Kontaktflächen zwischen Konnektor und Senderkopf deutlich vergrösserte.

Die Aluminium Ketten tauchte ich gemäss Anweisungen von Lukas Indermaur (2009b und mündlich) in schwarzen Plasti-Dip, um deren Oberflächen möglichst hautfreundlich für die Kröten und gleichzeitig unauffällig für Prädatoren zu gestalten.

### **Feldarbeit**

Die Feldarbeit konzentrierte sich aufgrund der Rufaktivitäten der Kreuzkröten in der Saison 2013 auf die Gebiete Hafni-Moos, Leimen, Rieden, Surenmoos und Wilimatt sowie zu Vergleichszwecken auf die Kiesgrube Staffelbach. Für die Besenderung und die anschliessende Telemetrie-Arbeit stand mir Christian Stickelberger, ein ausgebildeter Ökologe, während 200 Arbeitsstunden unermüdlich zur Seite. Ebenfalls waren bei den Besenderungen jeweils viele freiwillige Helfer im Einsatz.

Während der Rufperioden Mitte April, Anfang Juni und Ende Juli wurden insgesamt 50 adulte, ausschliesslich männliche Kreuzkröten nachts an ihren Laichplätzen gefangen, gewogen, fotografiert und mit einem Sender ausgerüstet.

Das Gewicht des Senders und Gurtes durfte zusammengezählt 10% des Körpergewichtes nicht übersteigen, deshalb wurden nur Tiere über 25 Gramm Körpergewicht ausgewählt. Die Sender wurden mit Hilfe der präparierten Aluminiumketten und Konnektoren satt um die Hüften der Tiere angelegt und befestigt (Abbildung 4). Alle Tiere erhielten einen Rufnamen, um Verwechslungen mit Empfangskanalnummern oder Frequenznummern, insbesondere bei Wechseln eines schon gebrauchten Senders auf ein neues Individuum auszuschliessen.

Während der ersten Laichzeit besenderten wir in 9 Nächten (16. April bis 06. Mai) insgesamt 24 Tiere. Das waren mehr als geplant. Der Grund war, dass viele Kröten nach wenigen Tagen den Sender wieder abstreiften, oder die Klebestelle zwischen Sender und Konnektor nicht hielt. Acht dieser Tiere wurden im Gebiet Hafni-Moos, weitere acht im Gebiet Rieden, drei im Surenmoos und fünf in der Kiesgrube Staffelbach besendert.



Abbildung 4: Kreuzkröte Thomas, besendert bei Hafni-Scheune, 4.6.2013

Während der Hauptlaichzeit besenderten wir insgesamt 19 Tiere: 14 davon in den Arealen Hafni-Moos, Surenmoos, Leimen (04. Juni 2013), zwei Tiere im Areal Wilimatt (6. / 7. Juni 2013), sowie drei Tiere in der Kiesgrube (10. und 16. Juni).

Während der späten Laichzeit konnten wir trotz ausgeprägter Trockenheit neun Tiere an einer durch Bewässerung entstandenen kleinen Nassstelle im Areal Leimen einfangen und besendern.

Insgesamt wurden zwei Tiere zweimal besendert, wie anhand von Fotoaufnahmen im Nachhinein erkennbar wurde. Diese erhielten dann den Doppelnamen David-Basil und Willy-Wilhelm.

Die Signale der Sender wurden mit einer faltbaren Yagi-Antenne (Yagi 148 MHz Three Element Antenna) und einem Empfänger (R-1000 Telemetry Receiver, beides von Titley Electronics, Ballina, Australia) geortet und die Fundorte der Tiere mit Hilfe eines mobilen GIS-Gerätes (Trimble, GeoXT™, GPS CE Handheld) aufgezeichnet. Bei jedem Datensatz wurden die Merkmale Datum, Uhrzeit, Tageslicht, Bodenbearbeitung, Bodentyp, Bodenfeuchtigkeit, Vegetation, Vegetationshöhe, Versteckstruktur und Bemerkungen hinterlegt. Zu diesem Zweck erstellte ich vorgängig die Datenbank (Anhang A).

Die exakten Fundorte wurden in der Anfangsphase sechs Mal wöchentlich zu variierenden Tages- und Nachtzeiten erfasst, später drei bis vier Mal wöchentlich, in der Endphase noch ein bis zwei Mal wöchentlich. Sofern nicht vergraben, wurden die Tiere regelmässig auf Sitz des Sendergurtes, allfällige Verletzungen und allgemeinen Eindruck untersucht, teilweise auch gewogen. Wenn eingegraben, wurden die Tiere nach je zirka 20 Tagen ausgegraben und kontrolliert. Bei Abschürfungen oder Verletzungen wurde das Tier fotografiert und der Sender abgenommen. In zwei Fällen wurde der Gurt erweitert. Die Dauer der Datenerfassung und damit die Anzahl der erfassten Fundorte waren sehr individuell, bestimmt durch den Zeitpunkt des Abstreifens der Sender. Am 2. November 2013 wurden die zwei letzten Tiere ausgegraben und die Sender abgenommen.

Insgesamt haben Christian Stickelberger und ich 996 Datenpunkte in der Zeit vom 16. April bis zum 2. November 2013 gesammelt.

## **3.5 Auswertungen und Statistik**

### **3.5.1 Habitatangebot**

Das Habitatangebot wurde anhand der Grösse und den Merkmalen Bodenbearbeitung und Vegetation der 423 erfassten Teilflächen, Strassen, Feldwege und Wegrandstreifen (Lebensraumanalyse) pro Areal ermittelt. Die Anzahl, Lage und Art der Nassstellen wurden als qualitatives Merkmal des Lebensraumangebotes der einzelnen Areale einbezogen.

Als Software diente ArcGIS Version 10, von ESRI. Für die Berechnungen nutzte ich die Statistikabfrage-Funktionen von ArcMap und Excel. Diagramme wurden mit Hilfe von Excel erstellt.

### **3.5.2 Grösse und Form der Streifgebiete**

Für die Analyse der Streifgebiete wählte ich die sogenannten Kernel Density Estimates Contours (KDE-Contours). Diese Flächen werden anhand der Fundortdichte berechnet, im Gegensatz zu den Minimum Convex Polygone, welche die minimale Fläche darstellen, mit welcher alle Datenpunkte

geometrisch eingeschlossen werden können (Kenward, 2001). Die Unterscheidung der KDE-Contours in 95% Home Ranges und 50% Core Ranges ermöglichte eine weitere Differenzierung unter folgender Annahme: Im Sommerlebensraum werden kleine Kernzonen (50% Core Areas, dichteste Zone, zehnmal kleiner als der 95% Home Range) wahrscheinlich vorwiegend zum Ausruhen an einem sicheren Ort genutzt. Die peripheren Anteile, die 95% Home Ranges (gebildet von 95% aller Fundorte) werden, wie von Indermaur et al. (2009a) bei Wechselkröten bewiesen, vorwiegend zur Nahrungssuche genutzt (Indermaur, Winzeler, Schmidt, Tockner, & Schaub, 2009c).

Für die Berechnung der Streifgebiete verwendete ich R (R Core Team, 2013), package rhr (reproducible home ranges) (Signer & Balkenhol, 2013). Für "fixed Kernel Density Estimations" verlangte das Programm je nach Anordnung der Fundorte eine minimale Anzahl von Datenpunkten pro Individuum. Diese waren bei fünfzehn Individuen genügend, sodass ich die 95% Home Ranges und 50% Core Ranges von drei Tieren aus der Kiesgrube, zwei Tieren aus Areal A und von zehn Tieren aus Areal B berechnen konnte.

Weil die Aufnahmefrequenz unmittelbar nach der Besenderung am grössten war, liess ich die Datenpunkte der Besenderung nicht in die Berechnung mit einfließen, um eine übermässige Gewichtung der Rufphase zu vermeiden. Gemäss Beschreibung von Indermaur et al (2009a) und Indermaur (mündlich) ermittelte ich anhand der Daten von drei Kröten empirisch den smoothing factor ("bandwidth"), der die 95% Konturen der Home Ranges so einpasste, dass diese keine Strukturen berührten, die von den betreffenden Kreuzkröten mit Bestimmtheit gemieden worden waren. Diesen Faktor wandte ich dann für alle Kreuzkröten an. Für die Resolution wählte ich, ebenfalls empirisch und aufgrund von Literaturhinweisen (Kenward, 2001), den Faktor 10, welcher eine übermässige Fragmentierung der Streifgebiete verhinderte.

Das rhr-Package, als GUI (Graphical User Interface) aufgebaut, lieferte Grössen und Form der Home Ranges in Form von „Reports“ sowie als Shapefiles. Für die Darstellung verwendete ich Arc Map (ArcGIS Version 10, ESRI) und Excel diente für die Auswertungen. Mit dem Wilcoxon-Test (nicht gepaart, einseitig) verglich ich die Grössen der 95% Home Ranges und 50% Core Ranges der Kreuzkröten aus der Kiesgrube mit denjenigen aus dem Ackerbaugelände (Areal A und B). Die Tests führte ich in R aus.

### 3.5.3 Lage der Fundorte und Streifgebiete

**Zweidimensional:** Das rhr-Programm berechnete ebenfalls die Minimum Convex Polygons, welche ich zur Darstellung der allgemeinen Lage der Streifgebiete verwendete.

**Maximale Distanz der Fundorte zum Rufgewässer:** Die Distanzen zwischen Rufgewässer und den am weitesten entfernten Fundorten ermittelte ich mit Hilfe der Distanzmess-Funktion in ArcMap. Mit dem Kruskal Wallis-Rangsummen-Test untersuchte ich die Unterschiede zwischen den Distanzen in Areal A, B und dem Kiesgrubenareal. Mit dem Wilcoxon-Test verglich ich die Unterschiede

zwischen den Arealen A und B, sowie gemeinsam (=“Gebiet Ackerbau“) und einzeln gegen die Werte aus der Kiesgrube. Datengrundlage waren die Fundorte der Tiere aus den Arealen A und B und Kiesgrube (n=33, nur Individuen mit Anzahl Fundorte  $\geq 9$ ; N= 834).

**Topografische Verschiebung der Fundorte:** Die im Feld ermittelten Höhenangaben der Fundorte erwiesen sich leider als ungenau. Deshalb übertrug ich die exakten z-Koordinaten aus dem Digitalen Höhenmodell (DHM 1109) in die Datensätze der Fundorte (3D Analyst Tools, Functional Surface, Tool „add Surface Information“) und ermittelte die Differenz der Höhenunterschiede zwischen erstem und letztem Fundort pro Individuum. Für die Ermittlung der Höhenunterschiede zwischen erstem Fundort zu Überwinterungsstandorten dienten Daten von 8 Kreuzkröten aus dem Ackerbaugebiet, die letztmals im September oder später geortet worden waren. Datengrundlage waren die Fundorte der Tiere aus den Arealen A und B und Kiesgrube (n=33, nur Individuen mit Anzahl Fundorte  $\geq 9$ ; N= 834).

**Lage der Überwinterungsstandorte:** Für die Analyse der Überwinterungsstandorte (Abbildung 16) berechnete ich anhand einer Rasteranalyse Hangneigung und Sonneneinstrahlung im Untersuchungsgebiet. Als Datengrundlage diente das Digitale Höhenmodell (DHM 1109) und die Fundorte der oben genannten 8 Kreuzkröten.

**Lage innerhalb der Schläge:** Durch Pufferung der Anbauflächen mit 2, 5, 10, 15 und 20 Meter Pufferdistanz nach innen kreierte ich entsprechende Randzonen und berechnete die Anzahl Fundorte in diesen Randzonen durch Ausschneiden der Datensätze „Fundorte“ mit den entsprechenden Randzonen und den Kernzonen (Tool „clip“). Dann ermittelte ich die Anzahl der vorkommenden Ausprägungen der Merkmale Bodenbearbeitung und Vegetation der besuchten Kernzonen via Statistik-Abfrage Funktion in ArcMap. Das Signifikanz-Niveau der unterschiedlichen Verteilung der Fundorte in den Randzonen und Kernzonen in Bezug zum Anteil ihrer Flächen ermittelte ich mit dem Pearson's Chi-squared-Test, ausgeführt in R.

Als Software für alle obigen geografischen Auswertungen diente ArcGIS Version 10, ESRI.

### 3.5.4 Habitat Nutzung

Mit dem Statistik-Abfrage Programm in ArcMap (ArcGIS Version 10, ESRI) ermittelte ich aus den Datensätzen „Fundorte“ wie oft die einzelnen Ausprägungen der Merkmale Bodenbearbeitung und Vegetation der Teilflächen vorkamen, auf denen ich besenderte Individuen im Feld vorgefunden hatte. Die Summen der Merkmalsausprägungen pro Areal rechnete ich in Prozentanteile um. (Abbildungen 19 und 20). Als Datengrundlage dienten die Fundorte der Tiere aus den Arealen A, B und Kiesgrube (n=33, nur Individuen mit Anzahl Fundorte  $\geq 9$  und ohne die Fundorte am Rufgewässer; N=760).

### 3.5.5 Habitat Präferenz

Die Habitatpräferenz bezüglich den Merkmalen Bodenbearbeitung und Vegetation ermittelte ich mit dem IVLEV-Index (Nutzung - Angebot) / (Nutzung + Angebot) anhand der Prozentanteile Habitatangebot und Habitatnutzung (Ivlev, 1961). Die Berechnung erfolgte in Excel.

### 3.5.6 Nutzung von Versteckstrukturen

Aus den Datensätzen der Fundorte ermittelte ich die Häufigkeit der Ausprägungen des Merkmals „Versteck“ (ArcGIS Version 10, ESRI) und überführte sie in eine Excel-Tabelle. Ich kategorisierte die Ausprägungen in sechs Gruppen („kein Versteck, Grasbüschel, Erdspalte, Mausloch, eingegraben, nicht erkennbar“) und errechnete ihre Häufigkeit pro Vegetation, in welcher sie benutzt wurden. Als Datengrundlage dienten die Fundorte der Tiere aus den Arealen A und B (n=28, nur Individuen mit Anzahl Fundorte  $\geq 9$ ; N=721).

### 3.5.7 Einflussfaktor Zeit

**Einflussfaktor Tageszeit:** Aus dem Datensatz der Fundorte Areale A und B (n=28, N=721) ermittelte ich die Häufigkeit der Ausprägungen der Merkmale „Tageslicht“ und gleichzeitig „Bodenbearbeitung“ sowie „Vegetation“ und „Versteck“ (ArcGIS Version 10, ESRI) und überführte sie in eine Excel-Tabelle. Die Versteckstrukturen kategorisierte ich in „Auf der Bodenoberfläche“ und „unter dem Boden“ und erstellte die entsprechenden Diagramme (Abbildungen 29 und 30). Dann verglich ich die Häufigkeitsverteilung dieser Merkmale mit  $\chi^2$ -Tests, ausgeführt in Excel.

**Einflussfaktor Jahreszeit:** Analog dazu ermittelte ich den Einflussfaktor Jahreszeit, indem ich die Häufigkeitsverteilung der Merkmale Datum (Monat), Bodenbearbeitung, Vegetation und der Versteckkategorien „Auf der Bodenoberfläche“ und „unter dem Boden“ in eine Excel Tabelle überführte und als Diagramm darstellte (Abbildungen 31 und 32) und die Unterschiede der Häufigkeiten wieder mit  $\chi^2$ -Tests, ausgeführt in Excel verglich.

### 3.5.8 Mortalität- und Verletzungsrate

Die Anzahl der verletzten und toten oder vermissten Tiere wurde während der Feldarbeit aufgezeichnet. Die Summe der Beobachtungsdauer aller besenderten Individuen gab die Hilfsgrösse „Individuentage  $N(I_{50})$ “. Mit der Formel  $\text{Individuentage } N(I_{50}) / 365 * 12 / \text{Anzahl Monate Beobachtungsdauer}$  ermittelte ich die „Äquivalenz zu Anzahl Krötenleben“ pro Dauer der Beobachtungszeit (6,5 Monate im landwirtschaftlichen Gebiet und 4.5 Monate in der Kiesgrube). Die Mortalitäts- und Verletzungsrate folgte aus der Division:

Anzahl Todesfälle / Äquivalenz Anzahl Krötenleben

und

Anzahl Verletzungen / Äquivalenz Anzahl Krötenleben

(erübrigte sich aufgrund der 0-Werte).

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Habitat Angebot

Das Untersuchungsgebiet hat eine Grösse von 4.62 km<sup>2</sup> und setzt sich zusammen aus 423 Teilflächen (=Schläge im Landwirtschaftsgebiet oder Parzellen ohne landwirtschaftliche Nutzung), sowie Strassen, Feldwegen und Wegrändern. Das Gebiet ist relativ flach und stark ausgeräumt. Es gibt nur wenige Einzelbäume und nur der Suhre entlang hat es nennenswerte Heckenstreifen.

Die Schläge sind unterschiedlich in Grösse und Zusammensetzung. Die durchschnittliche Schlaggrösse beträgt 1,0 Hektare (im Landwirtschaftsgebiet, ohne Kiesgrubenareal).

#### **Bodenbearbeitung**

Areal A (Hafni-Moos und Rieden) wies einen hohen Anteil an ungepflügten Teilflächen (52%) aus. In Areal B (Leimen, Wilimatt und Surenmoos) dominierten gepflügte Schläge (55%). Beide Areale unterschieden sich vom Kiesgrubenareal durch einen deutlich kleineren Anteil an nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen (10% versus 35%) (Abbildung 5).

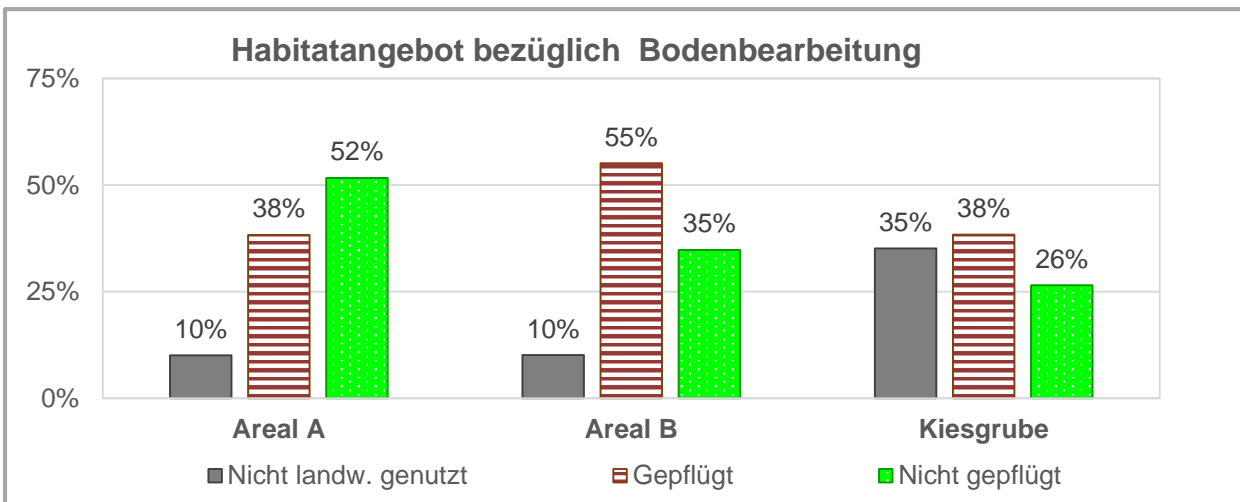


Abbildung 5: Habitatangebot bezüglich Merkmal Bodenbearbeitung

#### **Vegetation**

Auf den gepflügten Flächen dominierten in Areal B und Areal Kiesgrube Getreide (25% und 24%), gefolgt von Maisanbau (18% und 10%) und Kartoffeln/Gemüse (10% und 5%). In Areal A war der Anteil an Maisanbau (17,2%) etwas höher als der Anteil an Getreide (16.5%). Die ungepflügten Flächen bestanden hauptsächlich aus Kunstwiese, Dauerwiese und Weideflächen mit 49% in Areal A, 32% in Areal B und 22% im Kiesgrubenareal. Wegrandstreifen bildeten in allen Arealen flächenmässig einen geringen Anteil mit 0.7 bis 1.0%, Ruderalflächen, Buntbrachen, Krautsäume und Hecken waren im Ackerbauggebiet (Areal A und B) ebenfalls gering mit 2.2% und 2.4%, in der Kiesgrube mit 3.7% vertreten (Abbildung 6).

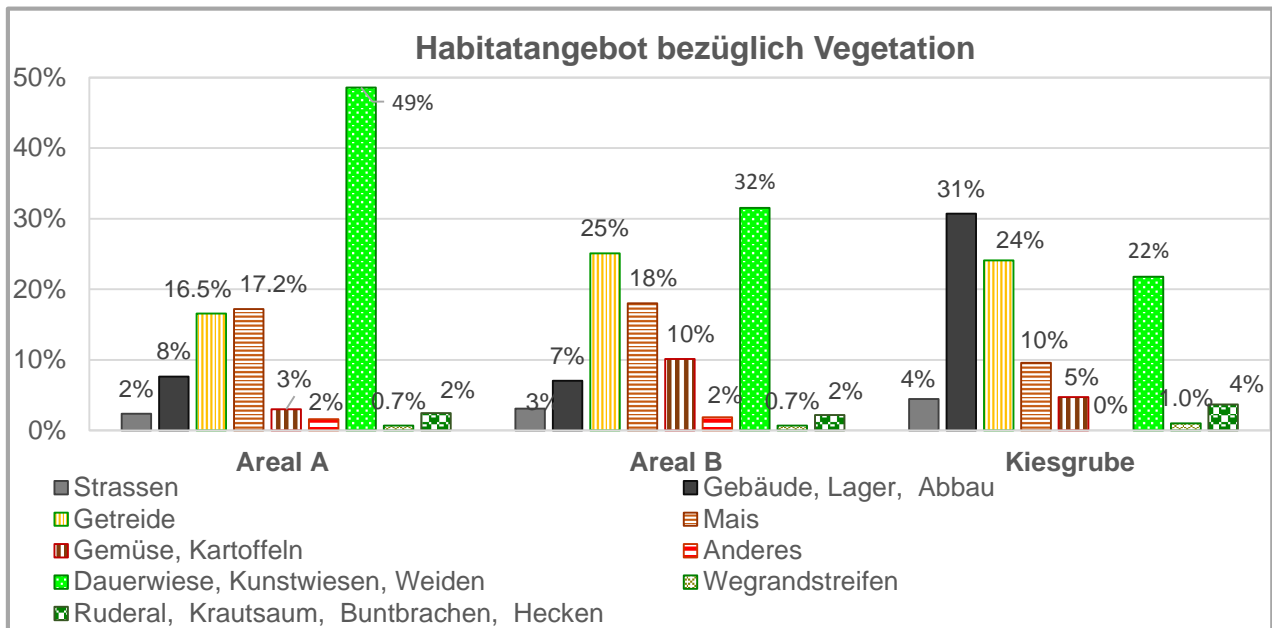


Abbildung 6: Habitatangebot bezüglich Merkmal Vegetation

**Anzahl Nassstellen**

Die Anzahl und Grösse der Nassstellen variierte beträchtlich zwischen den einzelnen Gebieten und während der Saison. In der frühen Laichzeit vom April bis Mai war das Gebiet Hafni-Moos mit zehn Nassstellen ein Anziehungspunkt für früh laichende Kreuzkröten. Grund dafür waren vor allem die kleinen Tümpel, die als Aufwertungs- und Ersatzmassnahmen vor einigen Jahren in diesem Gebiet erstellt wurden (Abbildung 7).



Abbildung 7: Aufwertungstümpel Hafni-HspM



Abbildung 8: Beliebte Nassstelle „Hafni-Scheune“

Auch natürliche temporäre Nassstellen waren im Gebiet Hafni-Moos vertreten. Eine sehr interessante Nassstelle befand sich bei „Hafni Scheune“. Diese blieb monatelang nass und entpuppte sich in der frühen sowie in der Hauptlaichzeit als beliebtes Laichgebiet. Leider wurde ausgerechnet diese Stelle im Verlauf des Spätsommers aufgeschüttet und trockengelegt (Abbildung 8).

Auch in der Hauptlaichzeit Anfang Juni und während der späten Laichzeit Ende Juli wies das Gebiet Hafni-Moos am meisten Nassstellen auf (Abbildung 9).



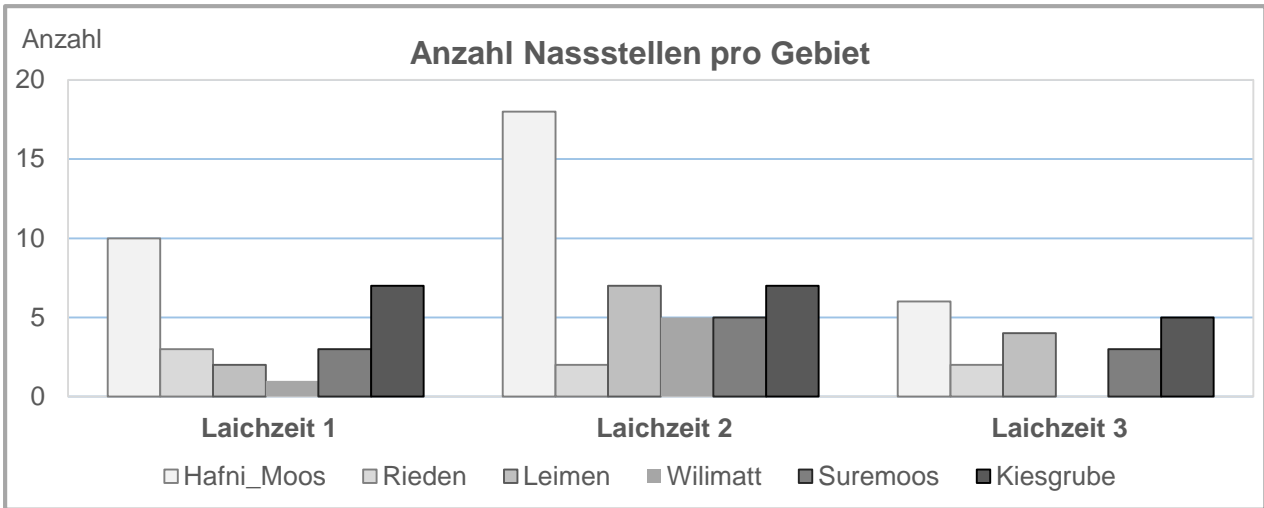


Abbildung 9: Anzahl Nassstellen pro Gebiet

Anfang Juni war das Ackerbaugesamt nach einem Starkregenfall grossflächig überflutet. Am stärksten betroffen war das Gebiet Hafni-Moos mit riesigen Wasserlachen, jedoch trockneten die meisten Nassstellen nach wenigen Tagen wieder ab (Abbildung 10).



Abbildung 10: Gebiet Hafni nach Starkregenfall

Die geschätzte und aufsummierte Wasserfläche pro Hektare war in allen Gebieten und Laichzeiten minimal, abgesehen von der Situation unmittelbar nach dem Starkregenfall (Abbildung 11).

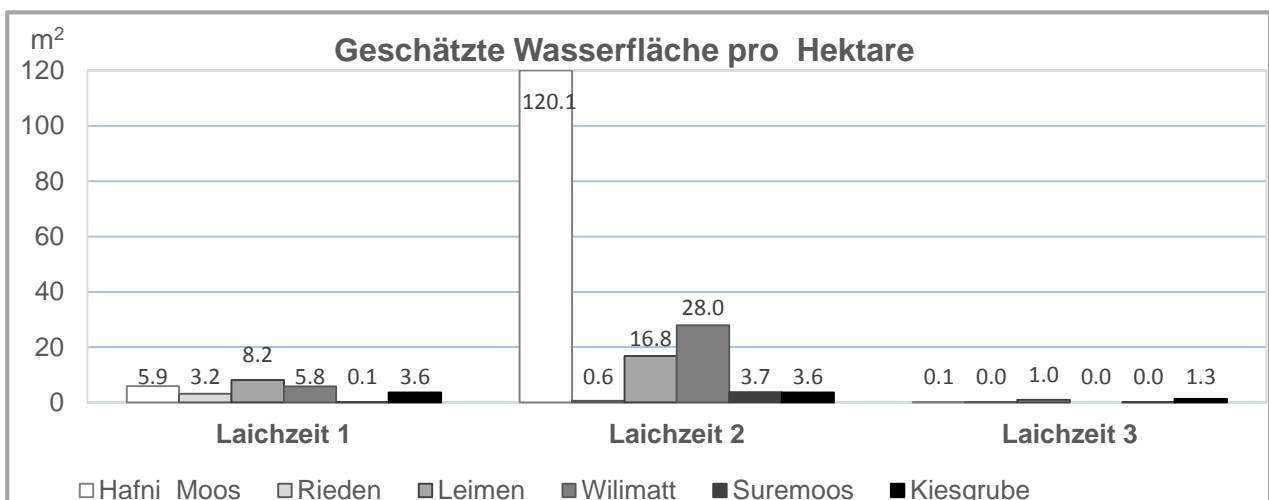


Abbildung 11: Geschätzte Wasserfläche pro Hektare

Die bestehenden Aufwertungstümpel trockneten im Laufe vom Juli ebenfalls aus und boten keine Möglichkeit zur Reproduktion während der späten Laichzeit. Während dieser Zeit fand ich an zwei

Abenden am Tümpel Hafni-HspM zwei Männchen am eingetrockneten Gewässer vor, die aber nicht am Rufen waren.

## 4.2 Grösse und Form der Streifgebiete

Die 95% Home Ranges und 50% Core Ranges der Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet (Areal A und B) betragen im Mittel 3'772 m<sup>2</sup> und 212 m<sup>2</sup>, diejenigen in der Kiesgrube 1722 m<sup>2</sup> und 120 m<sup>2</sup> (Tabelle 2). Trotz grossen Streuungen waren die 95% Home Ranges der Tiere im Landwirtschaftsgebiet (Areal A und B) signifikant grösser als diejenigen der Kreuzkröten in der Kiesgrube (Wilcoxon Rangsummentest, ungepaart, einseitig:  $W = 5$ ,  $p = 0.035$ ).

Tabelle 2: Home Range Grössen

Areal	n	95% Home Range (m <sup>2</sup> )			50% Core Range (m <sup>2</sup> )		
		MW	Median	SD	MW	Median	SD
Kiesgrube	3	<b>1'722</b>	2183	1'070	<b>93</b>	120	78
Areal A	2	3'894	3'894	1'943	169	169	110
Areal B	10	3'748	3'951	1'781	221	252	162
<b>Areal A+B</b>	<b>12</b>	<b>3'772</b>	3'951	1'715	<b>212</b>	211	151

Keine signifikanten Unterschiede wiesen die 50% Core Ranges zwischen Ackerbaugesamt und Kiesgrubenareal auf (Wilcoxon Rangsummentest,  $p$ -value = 0.116).

Die 95% Home Ranges im Ackerbaugesamt waren stark fragmentiert, d.h. in einzelne Teilgebiete aufgeteilt, die 50% Core Ranges waren Teilflächen dieser Fragmente (Abbildung 12, rote Stellen innerhalb der 95% Home Ranges). Diese Fragmente waren bei den meisten Kreuzkröten über eine sehr grosse Fläche verteilt (Abbildung 12).

## 4.3 Lage der Fundorte und Streifgebiete

### *Platzierung der Streifgebiete*

Die Streifgebiete der Kreuzkröten lagen, ausgehend von ihrem Besenderungsort am Laichgewässer, in verschiedene Himmelsrichtungen verstreut, nicht aber in Richtung zur Suhre hin (Abbildung 13, Darstellung anhand Minimum Convex Polygone). Alle 95% Home Ranges und 50% Core Ranges lagen im Bereich kleiner oder schmaler Anbauflächen oder unmittelbar am Wegrand (Abbildung 12). Sie überlappten sich teilweise, vor allem im Gebiet Leimen (Abbildungen 12 und 13).

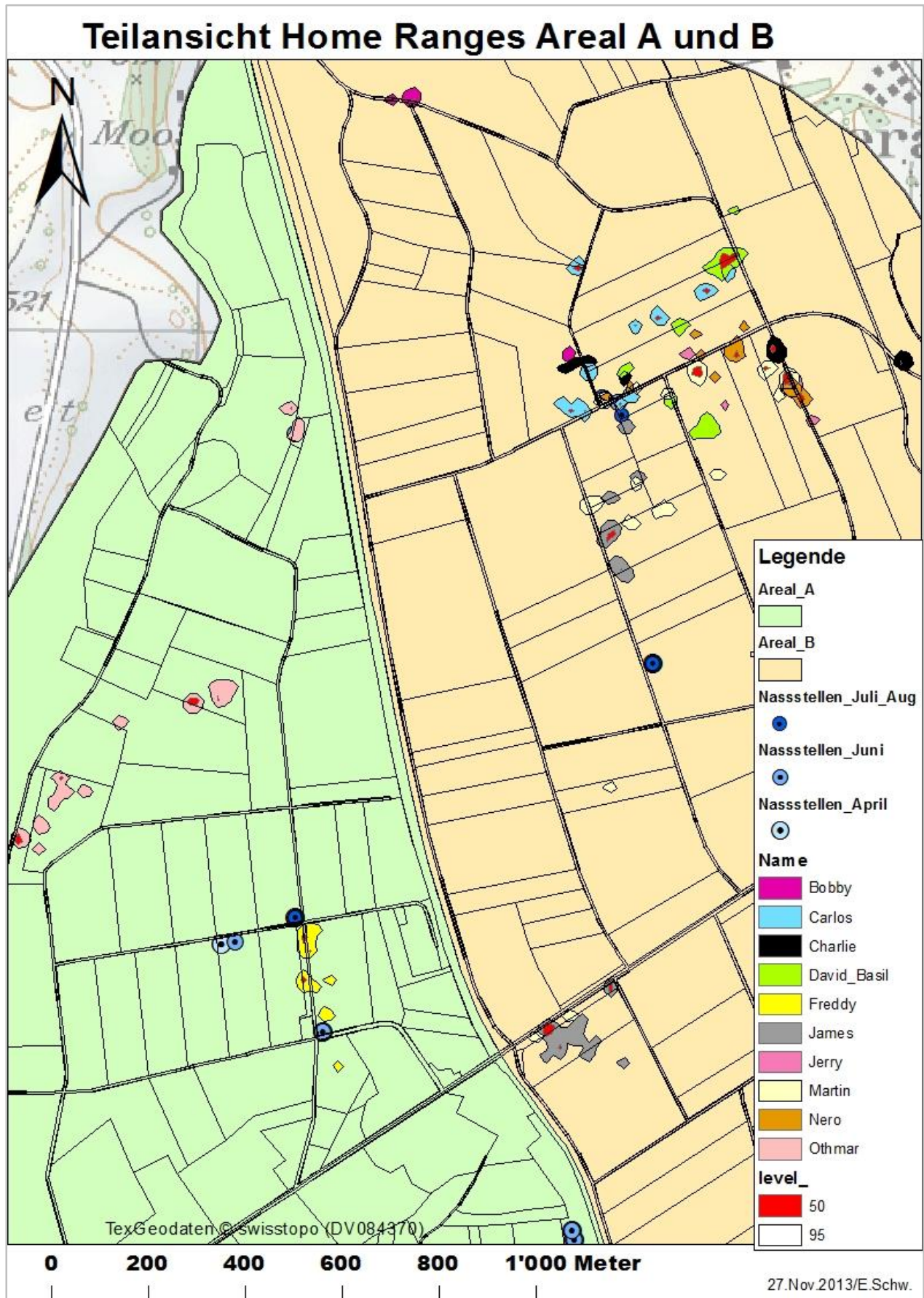


Abbildung 12: Teilansicht der 95% Home Ranges und 50% Core Ranges im Landwirtschaftsgebiet

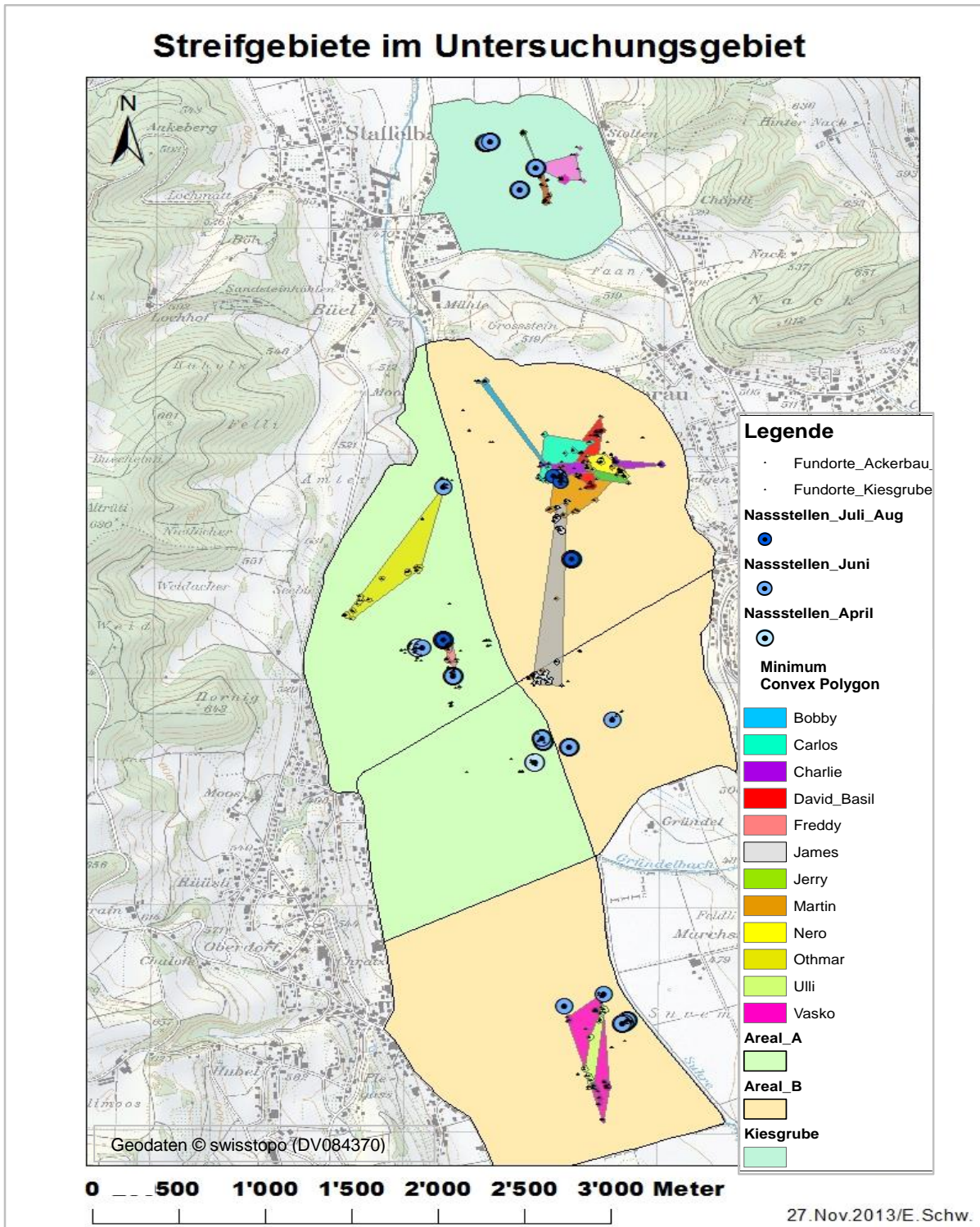


Abbildung 13: Allgemeine Lage der Home Ranges im Untersuchungsgebiet

Eine Kreuzkröte aus der Kiesgrube (Armin) verliess das Kiesgrubenareal und benutzte auch das östlich gelegene Ackerbaugesamt. Keine Kreuzkröte aus dem Landwirtschaftsgebiet betrat das Kiesgrubenareal. Zwei Kröten (James und Martin) überquerten die Hauptstrasse von Attelwil und wechselten so vom Gebiet Wilimatt ins Gebiet Leimen und umgekehrt (in Abbildung 13 bei Kröte Martin nicht sichtbar, da ihre wenigen Fundorte südlich der Strasse nach Attelwil zu den 5% Ausreissern gezählt wurden). Keine Kreuzkröte überquerte die Suhre.

**Maximale Distanz der Fundorte zum Laichgewässer**

Die maximale Distanz der Fundorte zum Laichgewässer variierte beträchtlich und war in Areal B am grössten mit einem Median von 491 Meter, im Vergleich zu 223 Metern in Areal A und 230 Metern in der Kiesgrube. Drei Kreuzkröten im Ackerbaugesamt entfernten sich über 1000 Meter weg von ihrem Laichgebiet (Abbildung 14).

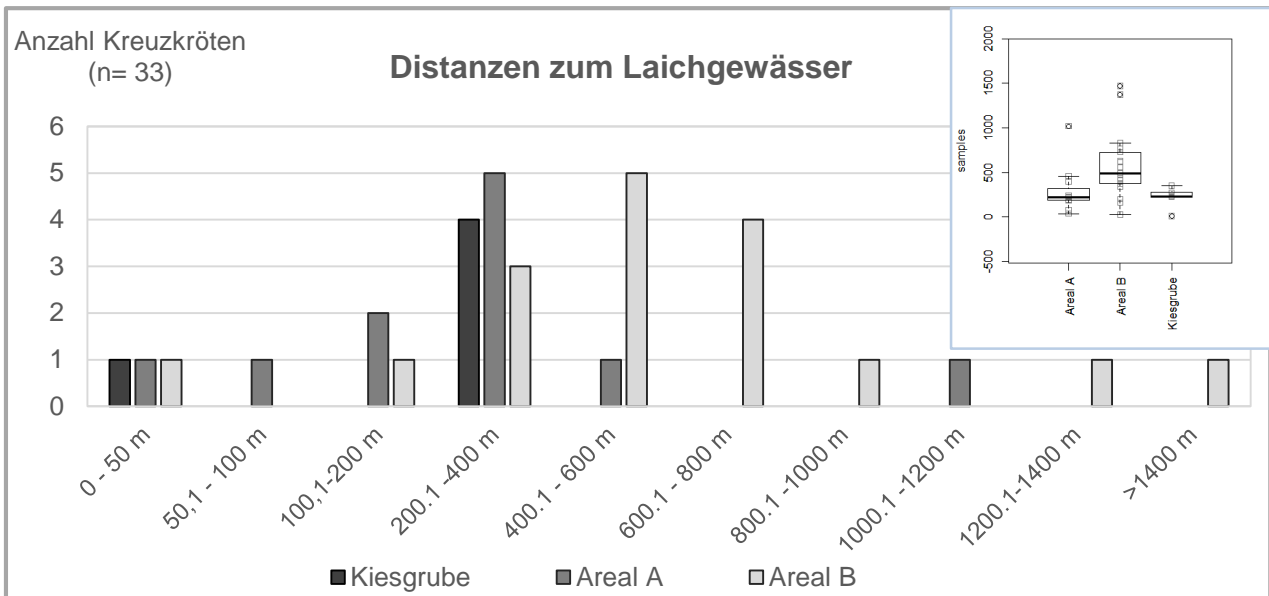


Abbildung 14: Maximale Distanzen der Fundorte zum Laichgewässer

Die Differenz der Entfernungen zu den Laichgewässern zwischen Individuen der Kiesgrube und Individuen der Areale A und B war statistisch signifikant (Kruskal-Wallis, p-value = 0.018). Nicht signifikant waren die Unterschiede zwischen Landwirtschaftsgebiet (Areal A und B) und Kiesgrube (Wilcoxon Rangsummentest, ungepaart, einseitig, p = 0.071). Hingegen war die Differenz der Distanzen zwischen Areal B und Kiesgrube signifikant (Wilcoxon Rangsummentest, ungepaart, einseitig, p = 0.0096) sowie die Differenz der Distanzen zwischen Areal A und Areal B (Wilcoxon Rangsummentest, ungepaart, einseitig, p = 0.011).

**Topografische Verschiebung der Aufenthaltsorte**

Die tiefst gelegenen Standorte im Untersuchungsgebiet bot das Flussbett der Suhre mit 478 m ü. M. im Surenmoos, absinkend auf 472 Meter ü. M. im nördlichsten Teil des Untersuchungsgebietes. Im Verlauf der Saison verschoben sich die besenderten Kreuzkröten im Ackerbaugesamt (vor allem im Gebiet Leimen, Areal B, wo es leicht möglich war) ausgehend von ihrem Rufgewässer zu höher gelegenen Standorten. In der Kiesgrube war dies nicht der Fall, obschon es topografisch möglich gewesen wäre (Seitenmoräne im Osten). Diese Verschiebung war in Areal B mit 4.8 Meter im Mittel am stärksten (Abbildung 15).

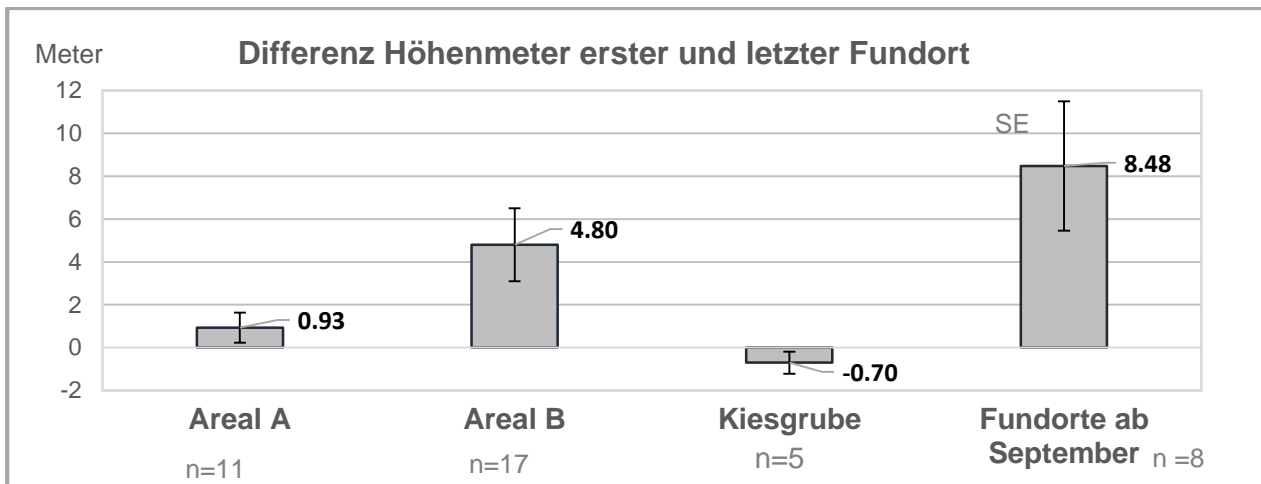


Abbildung 15: Topografische Verschiebung der Fundorte, mit Überwinterungsstandorten

Diese Differenz zwischen Ort der Besenderung (Rufgewässer) und letztem Fundort stieg deutlich an, wenn beim Vergleich nur die letzten Fundorte ab September (potenzielle und gesicherte Überwinterungsstandorte) einbezogen wurden (Abbildung 15 und Tabelle 3).

**Lage der Überwinterungsstandorte**

Von fünf Individuen waren Fundorte bis im September bekannt, von einem Tier bis zum Oktober und zwei Tiere wurden am zweiten November ausgegraben. Bei einem dieser Tiere (Nero) fanden wir gleichzeitig ein Weibchen in der gleichen Mäusenestkammer. Von den beiden ausgegrabenen Tieren darf mit Sicherheit angenommen werden, dass es sich beim Ausgrabungsort um den Überwinterungsstandort handelte, bei den anderen handelte es sich vermutlich um solche. Sieben von diesen acht Fundorten lagen an erhöhten Lagen, fünf davon an einem Ort mit einer Neigung von mindestens 5 Grad und einer mittleren oder starken Sonneneinstrahlung. (Kategorie gelb bis orange, Sonneneinstrahlung multipliziert mit Neigung, Abb. 16 und Tab. 3). Keine Kreuzkröte hatte einen schattigen Standort gewählt.

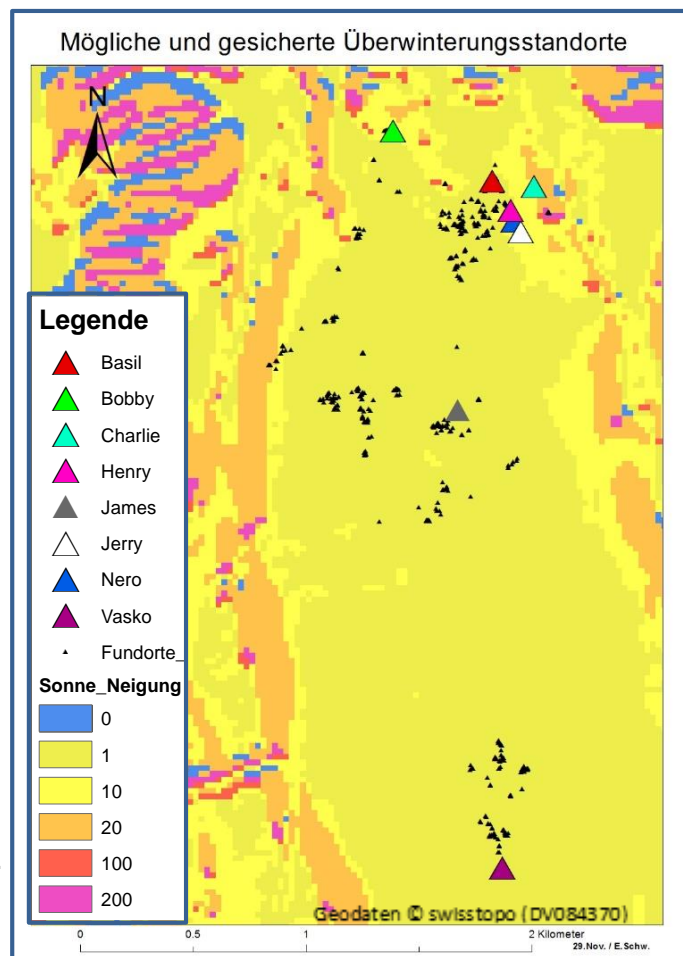


Abbildung 16: Lage der Überwinterungsstandorte

Tabelle 3: Topografische Verschiebung und Lage der Überwinterungsstandorte

Individuum	Letzte Ortung	Differenz zu erster Ortung und Lage Winterstandort	
David-Basil	05. 09. 2013	9.7 m	Stoppelfeld
Bobby	15. 09. 2013	1.9 m	Bord, südwärts geneigt, Weide
Charlie	08. 10. 2013	26.2 m	West Hang, Hecke/Krautsaum
Henry	08. 09. 2013	9.9 m	West Hang, Weide,
James	21. 09. 2013	- 3.1 m	Sonniges Bord, südwärts geneigt
Jerry	02. 11. 2013	10.4 m	West Hang, Hecke/Krautsaum, 45cm tief
Nero	02. 11. 2013	8.2 m	West Hang, Weide, 55 cm tief
Vasko	28. 09. 2013	4.7 m	auf Komposthaufen, Gebiet flach

Leider konnte ich von den Kreuzkröten im Kiesgrubenareal keine Hinweise auf mögliche Überwinterungsstandorte sammeln.

**Lage der Fundorte innerhalb der Schläge**

Die Fundorte der Kreuzkröten im Ackerbaugesamt (Areal A und B) lagen zu 57 Prozent innerhalb der 5-Meter-Randzonen aller Schläge oder in Wegrandstreifen, Strassen oder Feldwegen. 76 Prozent lagen innerhalb der 10 Meter-Randzonen und 91 Prozent innerhalb der 20- Meter Randzonen. Die Flächenanteile dieser Randzonen waren deutlich geringer als der Anteil der Fundorte. Bei der 2-Meter Randzone war diese Differenz gleich Faktor 2.3, bei der 5-Meter Randzone ebenfalls 2.3, bei der 10-Meter Randzone 1.8, bei der 15-Meter Randzone 1.5 und bei der 20-Meter Randzone noch gleich Faktor 1.3 (Abbildung 17).

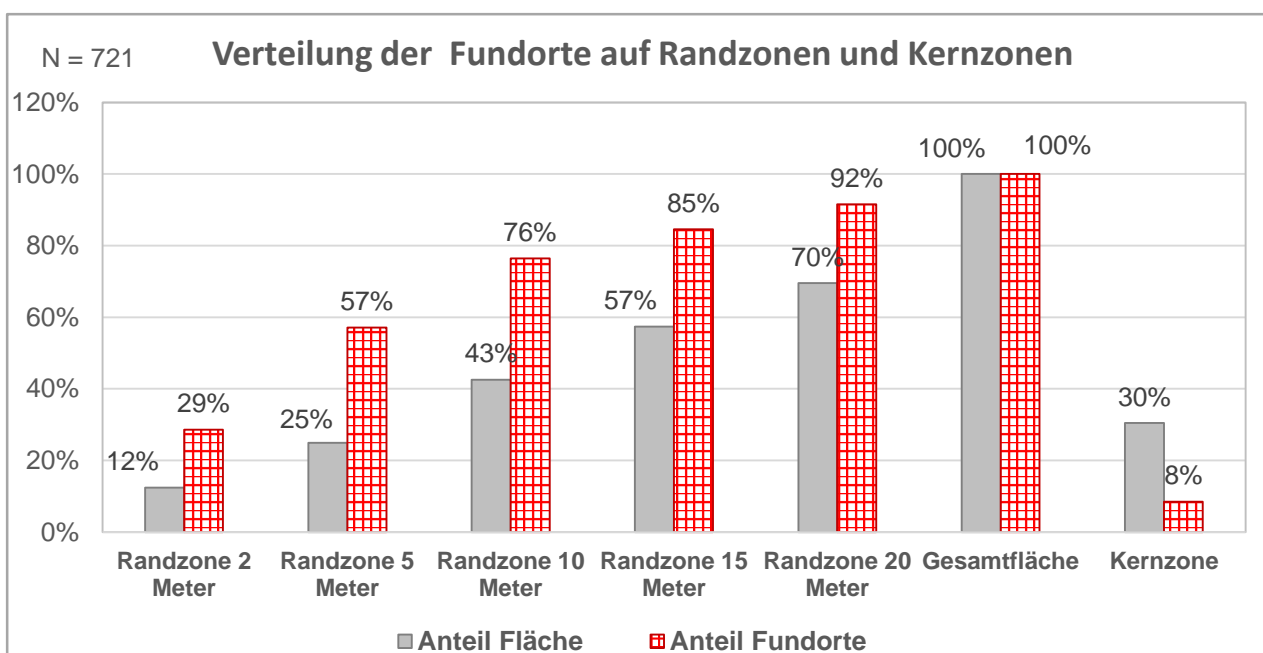


Abbildung 17: Anteil Fundorte in Randzonen und Kernzonen der Anbauflächen

Die Unterschiede in der Anzahl Fundorte bezogen auf den Flächenanteil der Randzonen und Kernzonen waren hochsignifikant (Pearson's Chi-squared test, absolute Zahlen,  $p < 2.2 \cdot 10^{-16}$ ).

Insgesamt lagen 61 Fundorte (8.5%) innerhalb der Kernzonen von Anbauflächen. Von diesen befanden sich 11 in Getreide, 13 in Mais, 8 in Gemüse, 22 in Dauerwiese und 7 in Kunstwiese.

Auch die 95% Home Ranges lagen zu 86 Prozent und die 50% Core Ranges zu 95 Prozent innerhalb der 20 Meter Randzonen der Felder oder innerhalb von Wegrandstreifen, Strassen oder Feldwegen. Innerhalb der Kernzonen lagen total noch 6'176m<sup>2</sup> (14%) der 95% Home Ranges. Auch diese Verteilung war im Vergleich zu den Flächenanteilen der Rand- und Kernzonen hochsignifikant (Pearson's Chi-squared test, absolute Zahlen,  $p < 2.2 \cdot 10^{-16}$  für 95% Home Ranges sowie für 50% Core Ranges) (Tabelle 4).

Tabelle 4: Anteil Home Ranges in Randzonen und Kernzonen

Flächenanteile:	95 % Home Ranges		50% Core Ranges	
	[m <sup>2</sup> ]	[Prozent]	[m <sup>2</sup> ]	[Prozent]
Total	45' 268	100	2 '546	100
In Randzone 20 Meter	39' 092	86	2 '430	95
In Kernzonen	6' 176	14	116	5

Von den Streifgebieten innerhalb der Kernzonen lagen 30% in Maisfeldern, 21% in Gemüse, 20% in Dauerwiesen, 18% in Getreide, 12% in Kunstwiesen und kein Anteil in Weiden (Abb. 18). Diese Verteilung ist in Bezug auf das Angebot an Vegetation in den Kernzonen hochsignifikant verschieden (Pearson's Chi-squared test, absolute Zahlen,  $p = < 2.2e-16$ ) (Tabelle 4): Kernzonen von Maisflächen und Kartoffeln/Gemüse werden demnach weniger gemieden als Wiese und Getreide.

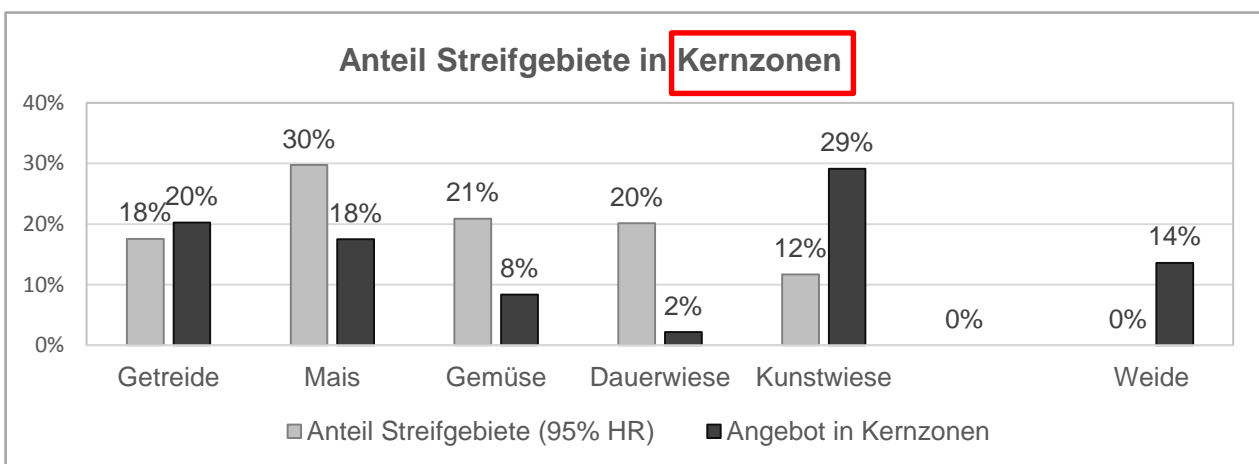


Abbildung 18: Anteil Streifgebiete (95% HR) in Kernzonen pro Vegetationstyp



**Nutzung der Flächen nach Merkmal Bodenbearbeitung und Vegetation**

Nutzung nach Bodenbearbeitung: die Fundorte der Kreuzkröten lagen in Areal A zu 71% in ungepflügten Flächen, in Areal B zu 57%. In der Kiesgrube dominierten nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen mit 94% (Abbildung 19).

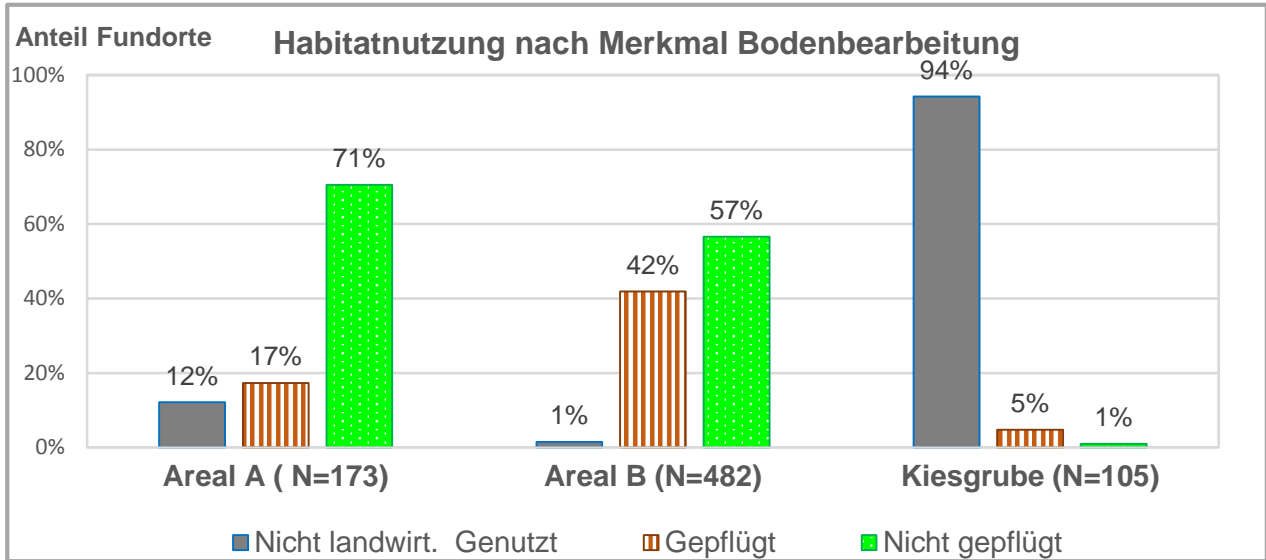


Abbildung 19: Nutzung der Flächen nach Merkmal Bodenbearbeitung

Nutzung der Vegetation: in Areal A lagen 51% der Fundorte in Dauerwiesen, Kunstwiesen oder (Umtriebs-)weiden, 16% in Wegrandstreifen, 11% auf nicht landwirtschaftlich genutzter Fläche und 9% in Mais. In Areal B lagen 42% in Wiesen, 22% in Getreidefeldern und 13% in Gemüse- oder Kartoffelfeldern. Im Kiesgrubenareal war der Anteil an Fundorten in landwirtschaftlich genutzten Flächen marginal (Abbildung 20).

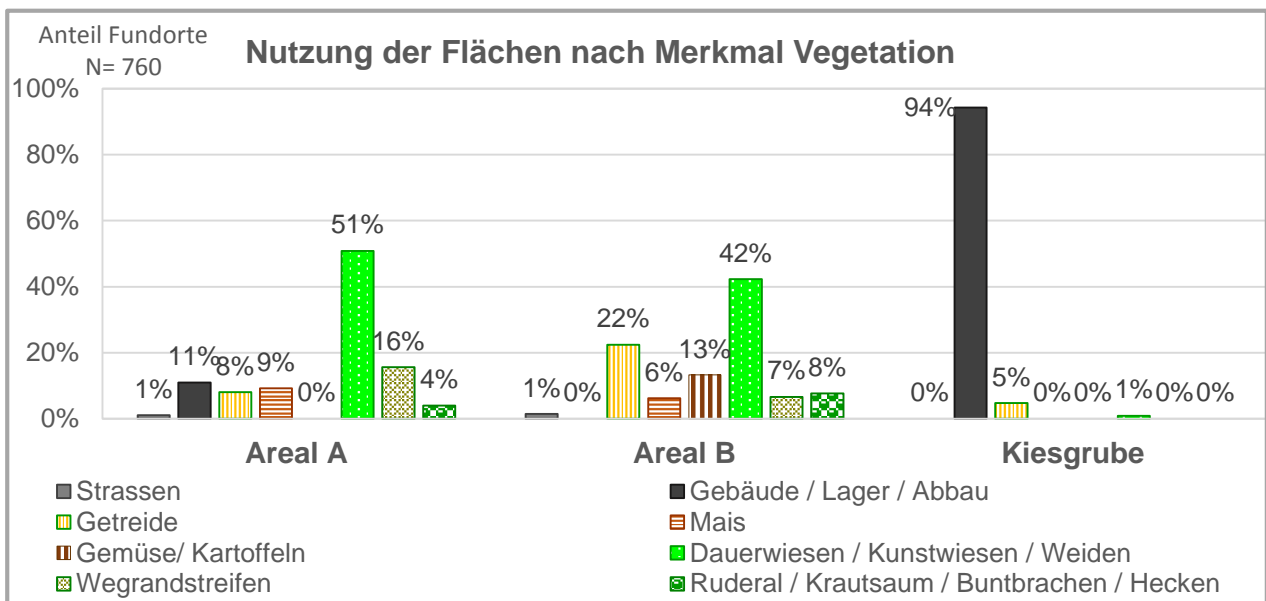


Abbildung 20: Nutzung der Flächen nach Merkmal Vegetation

### 4.4 Habitatpräferenz

Der IVLEV Index (Ivlev, 1961) zeigte in Areal A eine minime Präferenz für ungepflügte Flächen und in Areal B eine moderate Präferenz. Im Kiesgrubenareal hingegen bestand eine deutliche Präferenz für nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen (Abbildung 21).

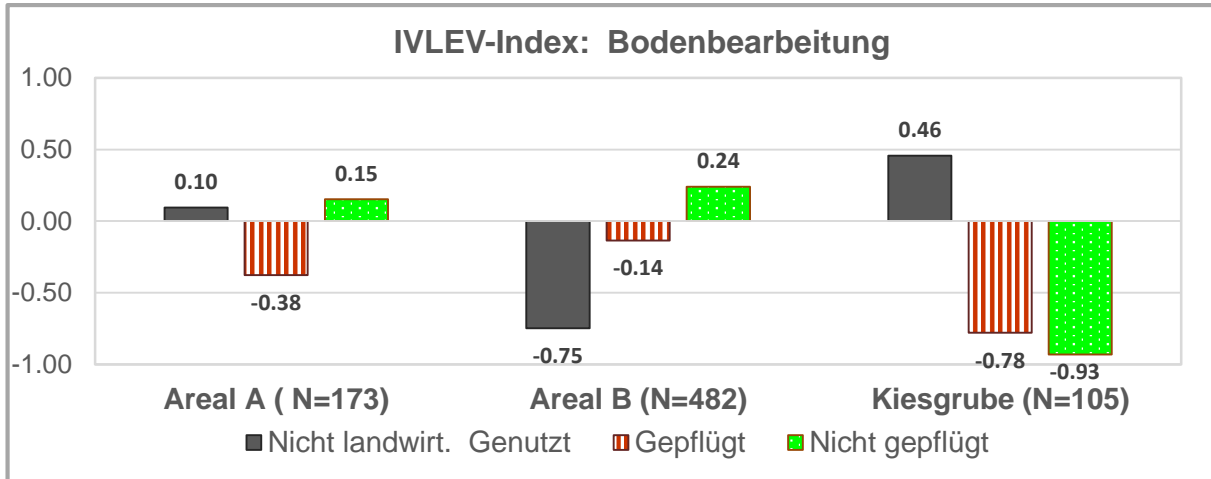


Abbildung 21: IVLEV-Index: Merkmal Bodenbearbeitung

Angewendet auf Angebot und Nutzung der einzelnen Vegetationstypen zeigte der IVLEV Index eine starke Präferenz für Wegrandstreifen in Arealen A und B, sowie eine moderate (Areal A) und ebenfalls starke Präferenz für die Kategorie Ruderalflächen, Krautsäume, Buntbrachen, Hecken in Areal B. Eine minimale Präferenz zeigte sich in Areal B auch für Wiesen und Gemüse- / Kartoffelfelder. Im Kiesgrubenareal wurden Fahrstrassen stark gemieden (hellgrau), das Abbaugelände hingegen stark präferiert. Das umliegende Ackerland, Wiesen, Wegränder und Krautsäume wurden wiederum stark gemieden (Abbildung 22).

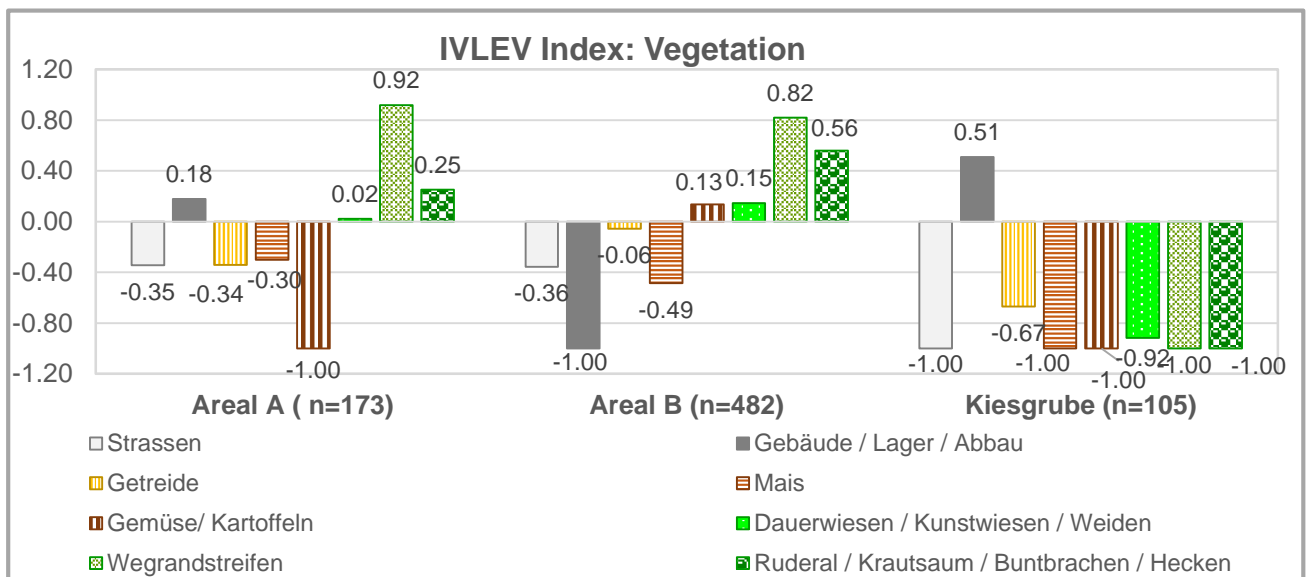


Abbildung 22: IVLEV-Index: Merkmal Vegetation

### 4.5 Nutzung von Versteckstrukturen

Die besenderten Kreuzkröten nutzten während der gesamten Beobachtungszeit häufig Feldmauslöcher als Unterschlupf. Im Frühling und Frühsommer waren sie oft entweder unterwegs oder verharrten ohne Versteckstruktur auf der Fläche oder in einer kleinen Vertiefung. Während einer kurzen Zeitperiode fanden wir sie in Erdspalten vor und ab Hochsommer gerne eingegraben im Erdreich. Bei sehr dichter Vegetation konnten wir die Anbauflächen nicht immer betreten. Dann orteten wir die Tiere via Peilung (Abbildung 23 „Nicht erkennbar“).

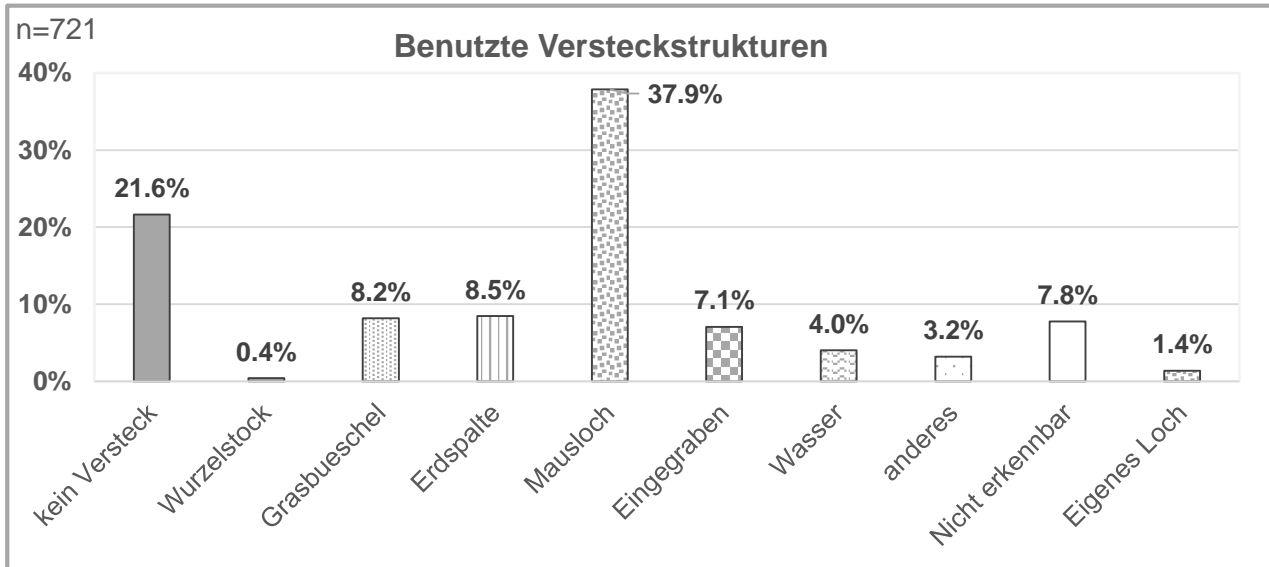


Abbildung 23: Art und Anzahl benutzter Versteckstrukturen

Während der Feldarbeit wurde ersichtlich, dass die verschiedenen Vegetationstypen ein unterschiedliches Angebot an Versteckstrukturen für Kreuzkröten auswiesen. In Dauerwiesen, Weiden und Wegrandstreifen waren die Kreuzkröten vorwiegend in Mäusegängen zu finden. Dies war in Kunstwiesen deutlich weniger der Fall. Anstelle dessen nutzten die Tiere oft Grasbüschel, kleine Bodensenken (=„kein Versteck“) (Abbildungen 24 und 28) oder kleine Löcher, die den Anschein machten, als wären sie selbst gebaut (Abbildung 25).



Links: Abbildung 24: Roberto in Kunstwiese, 07.06. 2013 / E. Schweizer

Rechts: Abbildung 25: Martin in Kunstwiese, 20.06.2013 / E. Schweizer

Diese Variabilität im Angebot liess sich auch in gepflügten Schlägen am Nutzungsmuster ablesen: im Getreide verharrten die Tiere oft ruhig in einer kleinen Vertiefung (=“kein Versteck“) oder nutzten Erdspalten, während sie in Maisfeldern tagsüber oft in Erdspalten oder eingegraben aufgefunden wurden (Abb. 26 und 28). In Gemüse- und Kartoffelfeldern waren die Tiere oft eingegraben oder verharrten wie im Getreide ruhig in einer kleinen Senke (Abb. 27 und 28).



Abb. 26: Ulli, Getreide, 07.06.13 / E.Schw



Abb. 27: Vasko, Getreide, 15.06.2013 / E.Schw.

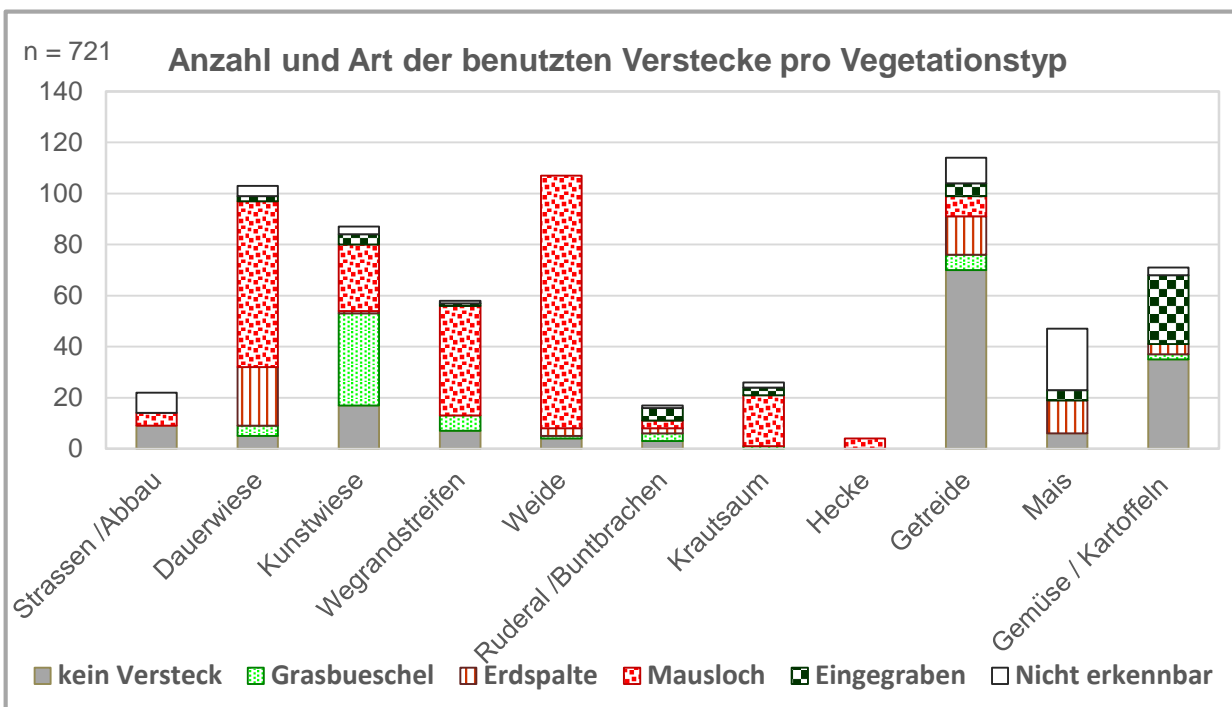


Abbildung 28: Anzahl und Art der benutzten Verstecke pro Vegetationstyp

## 4.6 Einflussfaktor Zeit

### Einflussfaktor Tageszeit

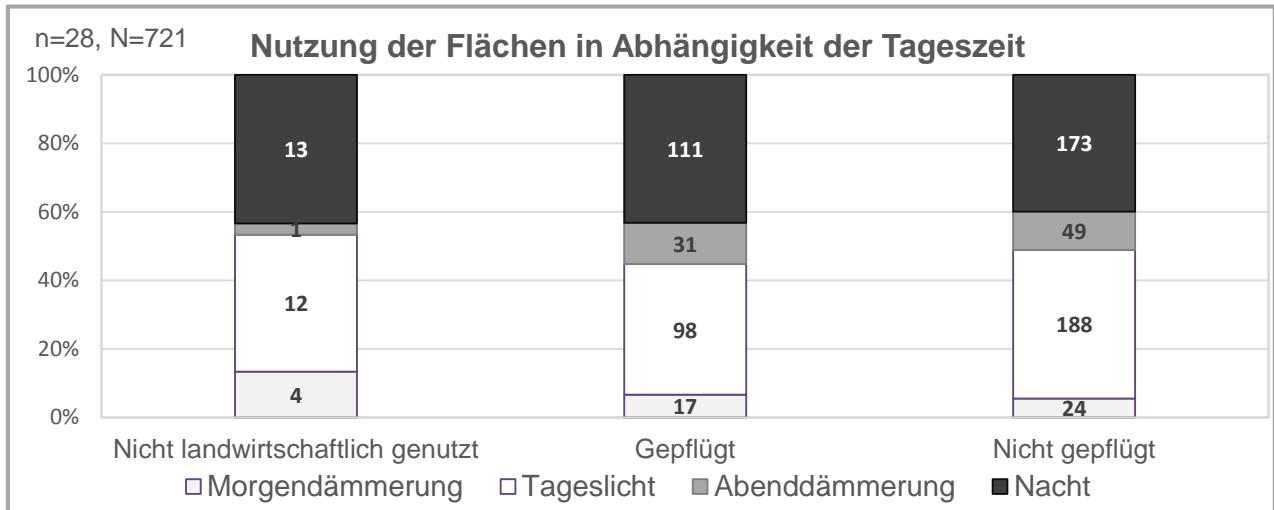


Abbildung 29: Habitatwahl in Bezug auf Bodenbearbeitung und Tageszeit

Die Habitatwahl der Kreuzkröten veränderte sich unwesentlich in Bezug auf die Tageszeit, weder in Bezug auf das Habitatmerkmal Bodenbearbeitung (Abbildung 29) (Pearson's Chi-squared test,  $p=0.403$ ), noch auf das Merkmal Vegetation (nicht dargestellt).

Hingegen veränderte sich die Nutzung der Versteckstrukturen im Tages-Nachtrhythmus signifikant (Pearson's Chi-squared test,  $p=0.004$ ): Nachts waren die Kreuzkröten häufiger unterwegs und somit auf der Bodenoberfläche anzutreffen als tagsüber (Abbildung 30).

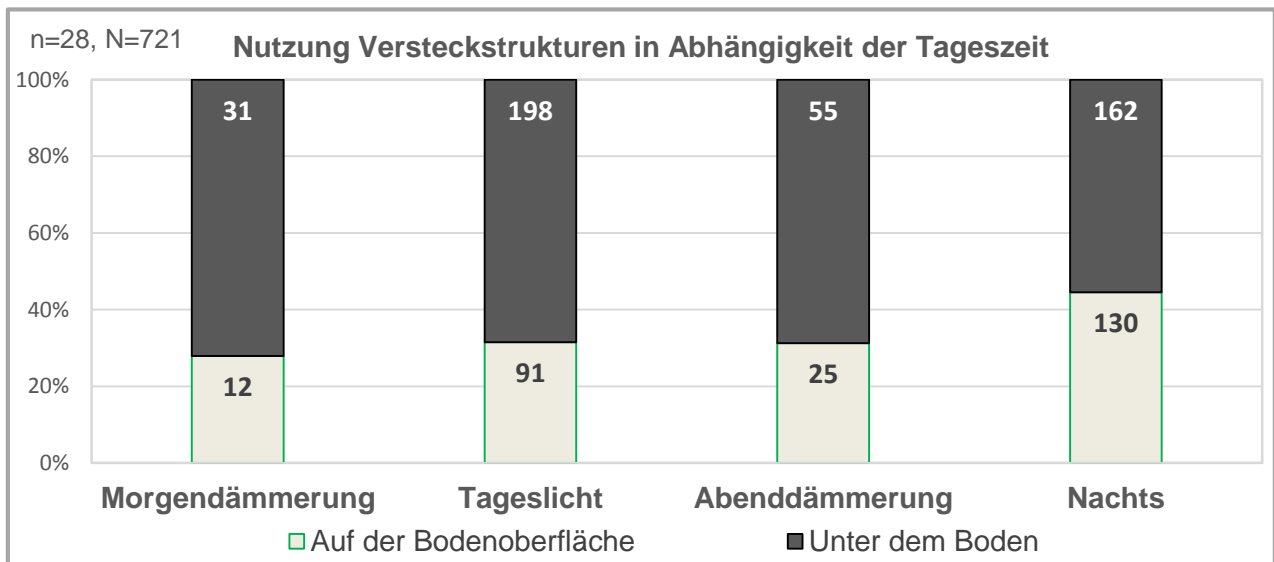


Abbildung 30: Nutzung der Versteckstrukturen in Abhängigkeit der Tageszeit

### Einflussfaktor Jahreszeit

Die Wahl der genutzten Vegetationsflächen veränderte sich im Verlaufe der Saison hoch signifikant (Pearson's Chi-squared test,  $p < 2.2 \cdot 10^{-16}$ ): Im April wurden fast nur Wiesen, Weiden und Kunstwiesen und im Mai zusätzlich Wegrandstreifen genutzt. Im Juni nutzten die Tiere fast ebenso häufig

Getreidefelder, im Juli dann auch Mais und Gemüse- und Kartoffelfelder. Im August waren die Tiere bereits wieder häufiger in Wiesen / Weiden anzutreffen und im September nutzten sie wieder vermehrt Wegrandstreifen und Krautsäume. Ab Oktober waren sie dann ausschliesslich in ungepflügten Flächen anzutreffen (Abbildung 31).

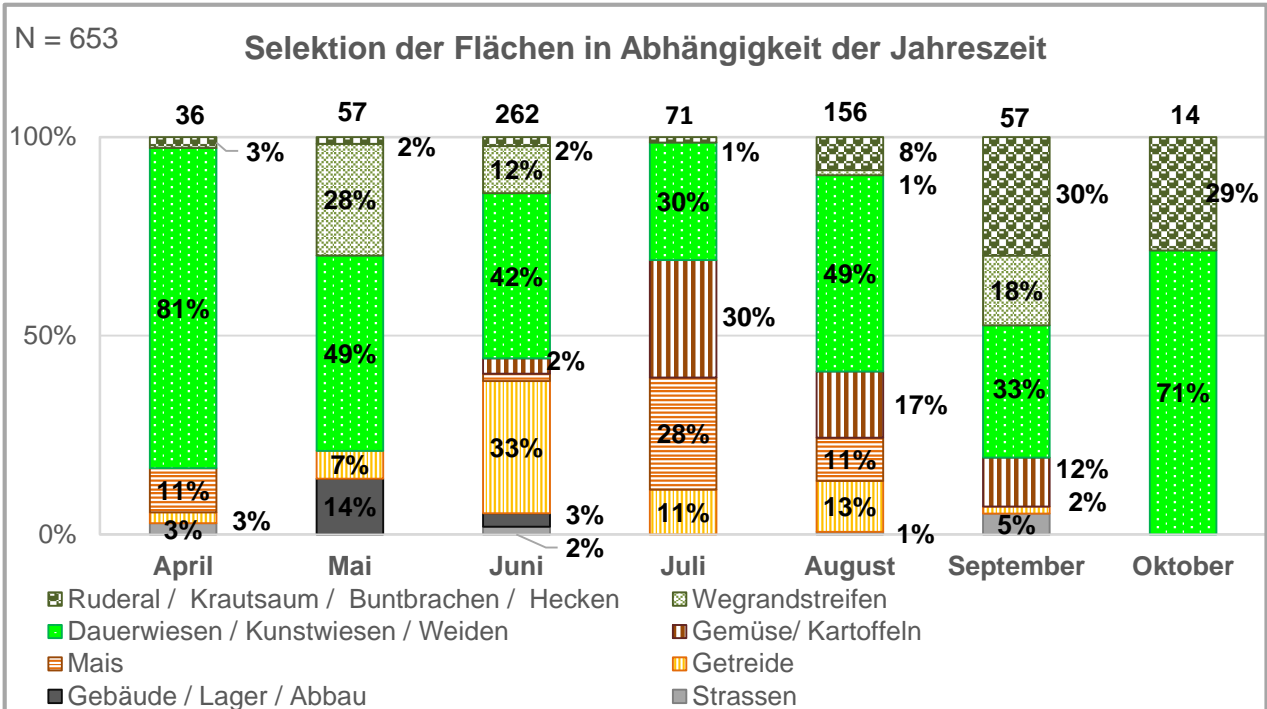


Abbildung 31: Selektion der Flächen in Abhängigkeit der Jahreszeit

Auch die Nutzung der Versteckstrukturen veränderte sich hoch signifikant: (Pearson's Chi-squared test,  $p = 5.3 \cdot 10^{-21}$ ): Waren die Tiere im April zu 70% auf dem Boden anzutreffen, so waren es im Mai noch zu 40%, im Juni nochmals fast 50%. Im Juli sank dieser Anteil wieder auf 40% und sank im August stark weiter auf 14%. Im September waren die Kreuzkröten noch zu 10% auf der Oberfläche anzutreffen, im Oktober dann gar nicht mehr (Abbildung 32).

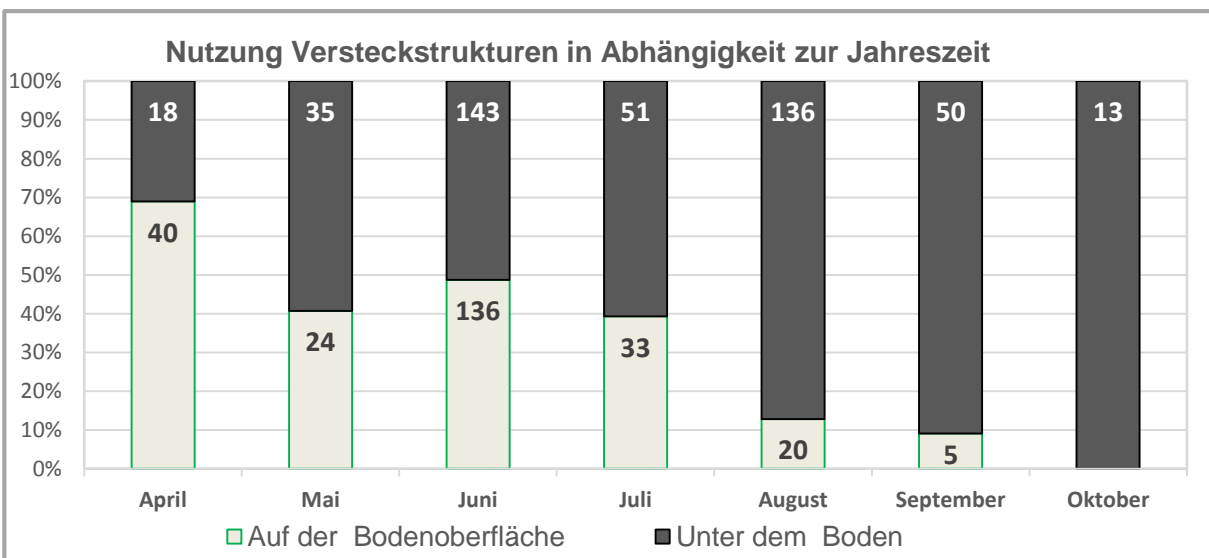


Abbildung 32: Nutzung der Versteckstrukturen in Abhängigkeit zur Jahreszeit

## 4.7 Mortalitäts- und Verletzungsrate

Die Summe der Beobachtungsdauer aller Individuen im Ackerbaugebiet (Areal A und B) waren 1154 Tage, im folgenden Individuentage genannt. Die Beobachtungsdauer betrug 6 Monate und zwei Wochen. In der Kiesgrube waren es insgesamt 206 Individuentage, Beobachtungsdauer 4 Monate und zwei Wochen. Folgende Beobachtungen wurden gemacht:

Tabelle 5: Totfunde und Verletzungen

Areal	Totfund	Verletzungen	Signalverlust
Ackerbau	1 *	0	2 (ev. Prädation)
Kiesgrube	1 **	0	1 (Kröte unter Mulde)

\*Kröte Zeno drang weit in ein noch junges Getreidefeld mit Deckungsgrad <10% ein, als es unerwartet sehr sonnig und heiss wurde. Der Boden war sehr dicht, eingeschlämmt, das Getreide bot keine Deckung, eingraben schien nicht möglich. Vermutung: Dehydration.

\*\* Kröte Paul lebte wochenlang unter einer Betonabspernung und kam nur zweimal hervor. Vermutung: Überhitzung durch Erwärmung des Betons.

Während der ganzen Saison konnten wir keine direkten Hinweise auf Gefährdung der Kreuzkröten durch ackerbaulicher Massnahmen sammeln. Eine Kröte (Leo) war bereits zu Beginn an einem Fuss amputiert, ebenso wurde eine Kreuzkröte im Kiesgrubenareal mit Fussstumpf gesichtet.

In folgenden Fällen konnte ich beobachten, dass die Tiere kurz vor oder während der Ernte das entsprechende Feld oder Gebiet verliessen:

- David aus Dauerwiese am 15. 06.2013 im Gebiet Leimen während oder kurz vor der Mahd
- Vasko aus Kartoffelacker während der Ernte
- Kurt und Leo verliessen ihr Rufgewässer 24-36 h nach der Besenderung, als am 8.Juni rundherum grossflächig gepflügt und gepflanzt wurde.

Leider gab es aufgrund der Besenderungen 3 Todesfälle. Zwei Kröten zeigten Verletzungen durch den Befestigungsgurt, eine nur ganz leicht (Abrasion), die andere schwer. Leider starb auch diese Kröte an den Folgen ihrer Verletzung (siehe 5.3).

## 5 Diskussion

Habitatselektion ist abhängig vom Habitatangebot sowie von den artspezifischen und aktuellen biologischen Bedürfnissen eines Individuums. Sie ist das Resultat eines Optimierungsprozesses, der hierarchischen Entscheidungsprinzipien unterliegt und abhängig ist vom Wissen des Individuums über das Raumangebot, dessen Ressourcen, Risiken und Optionen (Indermaur et al., 2009c).

Die Ergebnisse dieser Raumnutzungsstudie zeigen, dass adulte, männliche Kreuzkröten durchaus in der Lage sind, im Ackerbaugebiet zu überleben, indem sie ihre Sommer- und Winterlebensräume anhand der Kriterien Schlaggrößen, Strukturvielfalt, Habitattypen, Angebot Versteckstrukturen, Jahreszeit, Sonneneinstrahlung, Höhenmeter und vielen anderen Kriterien selektiv platzieren. Sie kennen das Raumangebot oder zumindest ihre Streifgebiete und sind fähig zu den exakt gleichen Versteckstrukturen zurückzufinden. Es offenbart sich aber auch, dass die Tiere durch das kleine Angebot an Laichgewässern sowie der konsequenten Meidung von uniformen Anbauflächen gezwungen sind, weite Strecken auf sich zu nehmen, um sich die notwendigen Lebensbedingungen zu sichern.

### 5.1 Antworten auf Fragestellungen und Hypothesen in Kapitel 2

#### ***Home Range Platzierung:***

Die besenderten Kreuzkröten haben ihre Streifgebiete ausnahmslos in Bereiche kleiner oder schmaler Anbauflächen oder unmittelbar in die Wegrandstreifen und teilweise auf die Feldwege gelegt. Nicht nur das, sie sind zu über fünfzig Prozent nie mehr als fünf Meter weit in Anbauflächen eingedrungen und in neunzig Prozent der Fälle verblieben sie innerhalb einer zwanzig Meter breiten Randzone. Das bedeutet, dass Kreuzkröten in einem ersten Selektionsverfahren grosse Anbauflächen mit monotoner Vegetation als Nicht-Lebensraum ausscheiden und hauptsächlich Rand- und Übergangszonen, wo mehrere Vegetationstypen in unmittelbarer Nähe liegen, als Lebensraum auswählen. Dieses Phänomen ist auch bei anderen Tierarten bekannt (Tufto, Andersen, & Linnell, 1996). Daraus folgt, dass offene Ackerflächen, wie schon vermutet, klar gemieden werden. Ebenso deutlich werden auch Kernzonen von ungepflügten Flächen, also Wiesen und Weiden gemieden. Diese Erkenntnis überrascht vor allem durch die Vehemenz, mit welcher diese erste Raumselektion vollzogen wird. Verglichen mit den Flächenanteilen der Randzonen ist die Verteilung der Fundorte wie auch der Anteile der 95% Home Ranges und der 50% Core Ranges hochsignifikant.

→ **Hypothese 1** (die Lage der Streifgebiete von Kreuzkröten, die im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, wird von der Lage oder Grösse der Anbauflächen beeinflusst) wird angenommen, H0 1 verworfen.

Von den 95% Home Ranges wird angenommen, dass sie vorwiegend der Nahrungssuche dienen, von den 50% Core Ranges, dass sie vorwiegend zum Rasten, zum Wärmeausgleich und zum



Schutz genutzt werden (Indermaur et al., 2009a und 2009c). Da beide Home Range Anteile innerhalb der Randzonen und Wegrandstreifen lagen, liegt die Vermutung nahe, dass beide benötigten Ressourcen, Nahrung und Schutzstrukturen, in Randgebieten und Übergangszonen häufiger, vielfältiger und mit weniger Aufwand verbunden zur Verfügung stehen.

Die Streifgebiete der besenderten Individuen im Landwirtschaftsgebiet sind aufgesplittert in viele kleine Teilgebiete. Diese liegen weit verstreut bis zu 1400 Meter weg vom Laichgewässer. Dies deutet darauf hin, dass entweder die Laichgewässer sehr weit von ihren Sommerlebensräumen entfernt sind, und sie etappenweise dahin wandern, oder dass die Tiere ihre Sommerlebensräume aufgrund ungenügender Ressourcen in verschiedene Teilgebiete verlegen mussten. Die Erfahrungen auf dem Feld sprechen für ersteres: Die Tiere zogen nach Ende der Rufphase zügig vom Laichgewässer weg, um nach einigen Etappen weit weg vom Gewässer wochen- und monatelang stationär zu bleiben. Fünf der besenderten Individuen im Landwirtschaftsgebiet und ein Tier in der Kiesgrube nahmen an einer zweiten Rufphase teil. Einige nahmen dafür einen beachtlichen Weg in Kauf.

### ***Habitatnutzung in Bezug zu Bodenbearbeitung, Vegetation und Versteckstrukturen***

Die besenderten Tiere im Oberen Suhrental haben sowohl ungepflügte wie auch gepflügte Flächen genutzt. Insgesamt zeigen sie, über die ganze Beobachtungszeit von Mitte April bis Ende Oktober betrachtet, eine minime bis moderate Präferenz für ungepflügte Flächen. Von diesen ungepflügten Flächen werden Wegrandstreifen stark bevorzugt und auch die Kategorie „Ruderalflächen, Krautsäume, Buntbrachen und Hecken“ wird moderat bis stark bevorzugt. Umgekehrt werden gepflügte Flächen moderat gemieden, insbesondere Maisflächen oder kaum vorkommende Gemüse- und Kartoffelacker (Areal A). Allerdings wird das Bevorzugen und Meiden von Flächen stark durch die Jahreszeit moduliert (siehe im folgenden Abschnitt *Einflussfaktoren Tages- und Jahreszeit*).

→ **Hypothese 2** (Die Art der Bodenbearbeitung und / oder der Vegetationstyp einer Fläche beeinflussen die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet) wird angenommen, H0 2 wird verworfen.

Im Landwirtschaftsgebiet nutzten die besenderten Kreuzkröten zu einem überwiegenden Teil Mäusgänge als Versteckstrukturen. Auch Erdspalten oder selbst gegrabene Löcher wurden als Versteck genutzt. Im Frühling und Frühsommer waren sie oft ohne Versteck oder mit Deckung durch die Vegetation und in einer kleinen Bodensenke verharrend in Wiesen und Getreide zu finden. Im Hochsommer waren die Tiere oft bis dreissig Zentimeter tief in gepflügten Flächen eingegraben. In der Kiesgrube wurden vorwiegend Spalten zwischen aufgeworfenen Bollen- oder Bruchsteinen unmittelbar am Laichgewässer genutzt, und im Abbauareal fanden sie Spalten zum Unterkriechen, zum Beispiel unter liegengelassenen Holzträgern oder aufgestellten Mulden und Betonklötzen. Überraschenderweise wurde in der Kiesgrube nie eine Kröte im Sand eingegraben gefunden.

Die Wahl der Versteckstrukturen ist also vielfältig und 27 von 28 Individuen im Landwirtschaftsgebiet haben verschiedene Versteckstrukturen genutzt. Diese waren ihnen gut bekannt, denn mehrfach

haben sie Wochen später die exakt gleichen Strukturen wieder genutzt. Das Angebot an Verstecken ist stark abhängig von der Bodenbearbeitung, dessen Zeitpunkt und der angebauten Vegetation.

Welche Habitattypen werden also als **Sommerlebensraum** präferiert? Aufgrund von Beobachtungen, Einblicken in Mäusegänge mittels Endoskop-Kamera und anhand einiger Gewichtsverläufe der Individuen habe ich den Eindruck gewonnen, dass die Ressource Nahrung im Landwirtschaftsgebiet kein limitierender Faktor ist: Käfer und Insekten waren auch in Mäusegängen stets auszumachen und selbst während langer Sommerruhephasen haben einige Tiere zugenommen. Konkurrenz im Sommerlebensraum war ebenfalls nicht zu beobachten. Ab und zu haben wir zwei Tiere im gleichen Gangsystem ausfindig gemacht, was nicht auf Konkurrenz hindeuten muss. Die Individuendichte im Sommerlebensraum war im Vergleich zur Ruheperiode auf jeden Fall minim. Somit scheint die Ressource Versteck der wichtigste Faktor im Auswahlverfahren zu sein und entscheidend für das Überleben einer Kreuzkröte. Das bedeutet, dass die Habitattypen im Sommerlebensraum primär anhand ihres Angebotes an Verstecken ausgewählt werden. Grünland wird also nicht aufgrund der Vegetation, sondern wegen seines hohen Angebotes an Mäuselöchern oder seiner gerade passenden Mischung an Beschattung, Temperatur und Feuchtigkeit in Bodennähe präferiert, und die Wegrandstreifen werden aufgrund ihrer ubiquitären Lage mit ebenfalls gutem Angebot an Mäusegängen bevorzugt.

Die **Überwinterungsstandorte** liegen, wie auch von Sinsch (2009) beschrieben, bevorzugt an sonnenexponierten Böschungen in erhöhter Lage innerhalb oder nahe der Sommerlebensräume. Von acht noch mit einem Sender ausgerüsteten Kröten haben sich sieben in der Zeit des Winterquartierbezugs in Mäusegängen niedergelassen, ein Tier in einem Komposthaufen.

Beim Ausgraben der Tiere Anfang November fiel auf, dass das Erdreich in der Tiefe noch sehr warm, sehr weich, krümelig und leicht feucht, aber nicht nass war. Dies im Gegensatz zur Bodenoberfläche, vor allem im Bereich einer Umtriebsweide, wo der Boden bis auf 30 cm sehr kompakt war. Demnach haben die Kreuzkröten die Mäusegänge genutzt, um in der Tiefe auf weiches grabbares Substrat zu stossen, in welchem sie sich weiter eingegraben haben und eingepackt im feuchtem, frostfreien Substrat gute Chancen haben, den Winter zu überstehen.

### ***Einflussfaktoren Tages- und Jahreszeit***

Obwohl Kreuzkröten nachtaktiv sind, wird die Habitatwahl nicht signifikant beeinflusst durch die **Tageszeit**, wohl aber die Art der Nutzung. Veranschaulicht wird dies exemplarisch von Kröte James: sie bewegte sich wochenlang nicht aus ihrem sonnigen Bord, einem Oekostreifen, der mit Mäusegängen übersät ist und Restfeuchtigkeit am Grund speichert. Eines Nachts war sie aber im nahegelegenen Mais auf Nahrungssuche unterwegs, pendelte dann einige Tage und Nächte, und blieb schliesslich auch nachts im Maisfeld, bis sie sich entschloss, noch weiter in ein Stoppelfeld zu ziehen, wo sie dann ebenfalls tagsüber und nachts zu finden war. Kröte Jerry verfolgte eine andere Strategie: Tagsüber verharrte sie in einem Mausloch im Bord einer Umtriebsweide, nachts fand ich

sie mehrfach auf dem ebenem Feldweg auf Nahrungssuche, kaum 10 Meter vom Mausloch weg, entlang eines Krautsaumes. Kröte Bobby tat genau dasselbe, nur an einem anderen Ort. In allen Fällen scheint das wesentliche Prinzip die unmittelbare Nähe zwischen Tagesversteck Ort der nächtlichen Nahrungssuche zu sein. Kreuzkröten zögern offenbar nicht ihr Habitat für die nächtliche Nahrungsaufnahme zu wechseln, die Erfahrungen zeigen aber, dass dies nicht zwingend ist. Sie tun es nur, wenn es im Sinne eines Optimierungsprozesses (Futter, Schutz, Temperatur- und Feuchtigkeitsregulation) sinnvoll ist.

Die **Jahreszeit** hat hingegen einen bedeutenden Einfluss auf die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet. Gepflügte Flächen sind im Mai und ab September kaum, im Juni und August zu rund 40 % und im Juli sogar zu 70% genutzt worden. So waren im Juli die Tiere verhältnismässig oft im Mais ohne Versteck zu finden oder sie befanden sich eingegraben im Gemüse- und Kartoffelfeld, Flächen, die sie über die ganze Saison hinweg gerechnet „moderat gemieden“ haben. Die Präferenz für bestimmte Flächen beziehungsweise der Art der Bodenbearbeitung und der Vegetation wird also stark von der Jahreszeit bestimmt: Flächen, die im Frühjahr stark bevorzugt werden, werden im Sommer stark gemieden und umgekehrt.

Hinter dem Faktor Jahreszeit verbirgt sich ein Konglomerat an Variablen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, anhaltende Trockenheit, Wetterwechsel, Vegetationsveränderungen und auch die sich verändernden Ansprüche der Kreuzkröten an ihren Sommerlebensraum und ihren Winterstandort. Weitere Untersuchungen zu den Einflüssen dieser Umweltbedingungen sind vorgesehen mit dem Ziel eine gewisse Vorhersage über den möglichen Aufenthaltsort von Kreuzkröten bei anhaltenden oder wechselnden Wetterbedingungen treffen zu können.

- **Tageszeit:** H0 3 (Der Faktor Tageszeit hat keinen Einfluss auf Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet) bleibt bestehen, Hypothese 3 wird verworfen.
- **Jahreszeit:** Hypothese 3 (Der Faktor Jahreszeit beeinflusst die Habitatwahl von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet) wird angenommen, H0 3 wird verworfen.

### ***Home Range Grössen***

Die 95% Home Ranges und 50% Core Ranges der Kreuzkröten im Suhrental sind unterschiedlich gross. Die 95% Home Ranges der Individuen im Landwirtschaftsgebiet sind signifikant grösser als die 95% Home Ranges der Individuen aus der Kiesgrube. Auch die 50% Core Ranges der Tiere im Landwirtschaftsgebiet sind im Mittel grösser, allerdings nicht signifikant. Auffällig ist, dass die Streifgebiete im Landwirtschaftsgebiet sehr stark fragmentiert sind und diese Fragmente über eine sehr grosse Fläche verstreut liegen.

- **95% Home Ranges:** Hypothese 4 (Die 95% Home Ranges von Kreuzkröten, die an Nassstellen im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, sind signifikant grösser als diejenigen von Kreuzkröten mit Laichplatz in der Kiesgrube) wird angenommen, H0 4 wird verworfen.

→ **50% Core Ranges:** H0 4 (Die 50% Core Ranges von Kreuzkröten, die an Nassstellen im Landwirtschaftsgebiet reproduzieren, sind nicht signifikant grösser als diejenigen von Kreuzkröten mit Laichplatz in der Kiesgrube) bleibt bestehen, Hypothese 4 verworfen.

Home Range-Grössen werden beeinflusst durch das Nahrungsangebot, Konkurrenz, Feinde, das Angebot an Schutzstrukturen und weiteren Faktoren des zur Verfügung stehenden Raumes. Diese Faktoren sind wiederum direkt beeinflusst durch die Zusammensetzung und Struktur der angebotenen Lebensräume (Indermaur et al., 2009a). Deshalb sind die Grössen der Streifgebiete von Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet wie auch in der Kiesgrube abhängig von der Struktur, die vom Mensch gemacht wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass Tiere ihren Lebensraum dann vergrössern, wenn nicht genügend Ressourcen vorhanden sind, oder die Konkurrenz gross ist (Tufto, Andersen, & Linnell, 1996). Verschiebungen der Aufenthaltsorte können auch eine Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen sein oder biologische Anliegen (Fortpflanzung) sein.

Die Home Ranges im Landwirtschaftsgebiet Suhrental sind deutlich grösser als Streifgebiete von Wechselkröten am Tagliamento in Italien (vgl. Indermaur et al., 2009a), einem Primärstandort, dessen Struktur und Dynamik natürlichen Bedingungen unterliegt. Ebenso sind die total zurückgelegten Distanzen der Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet um ein Vielfaches grösser als von Kreuzkröten in einer Parkanlage in der Nähe von Paris (Husté, Clobert, & Miaud, 2006). Hingegen sind die maximalen Entfernungen von den Laichgewässern zu den äussersten Fundorten deutlich kleiner als bei Kreuzkröten in einem semiariden Landwirtschaftsgebiet in Spanien (Miaud & Sanuy, 2000).

Festzuhalten ist, dass im Landwirtschaftsgebiet Oberes Suhrental Laichgewässer und Winterhabitate weit voneinander entfernt liegen und die Sommerlebensräume der besenderten Tiere dazwischen platziert sind. Die Laichgewässer, ob natürlich oder vom Mensch geschaffen, befinden sich auf flachem Terrain, die Winterstandorte hingegen am Fusse der Seitenmoränen des Tales. Auch in einer natürlichen Umgebung wie in einem Flussdelta tun Kreuzkröten gut daran, überschwemmungssichere Winterstandorte aufzusuchen und wandern deshalb bevorzugt vom Flussbett weg in höher gelegene Standorte (Bosman, Van Gelder & Strijbosch, 1996). Ich neige deshalb zur Ansicht, dass die Ursache der relativ grossen und vor allem weit verstreuten Streifgebiete zu einem grossen Teil in der Distanz zwischen Laichgewässer und Winterstandort zu suchen ist, und weniger oder gar nicht im Angebot an Nahrung oder passenden Rückzugsmöglichkeiten. Durch ein grösseres Angebot an Laichgewässern könnten diese Wanderungen zwischen Laichgewässer und Sommer- Winterhabitaten verkürzt werden.

### ***Mortalität: Wie hoch sind die durch ackerbauliche Massnahmen bedingten Verluste bei adulten Tieren im Laufe einer Saison?***

Während der ganzen Saison konnten wir keine direkten Hinweise auf Verletzung oder Todesfolge bei Kreuzkröten durch ackerbaulicher Massnahmen sammeln. Hingegen konnten wir in vier Fällen

beobachten, dass Tiere rechtzeitig vor oder während der Ernte / Bodenbearbeitung das Feld verlassen haben.

→ **H0 5** (Während der sechsmonatigen Telemetrie-Studie können keine Hinweise auf eine Verletzung oder Tod von Kreuzkröten durch ackerbauliche Massnahmen gesammelt werden) wird beibehalten, Hypothese 5 wird verworfen.

Angesichts der vielen Arbeitsgänge (Mahd, Pflügen, Saat, Düngung, Herbizid- und Pestizidbehandlungen, Ernte etc.), mit schweren Maschinen sind diese Beobachtungen überraschend und erfreulich. Eine Studie aus Deutschland mit lebenden Amphibien zeigt allerdings erschütternde Ergebnisse: bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug wurden 100 % der Tiere verschüttet, und konnten sich nicht innert 15 Minuten selbst ausgraben (n=24), 5 wurden nicht mehr gefunden, 1 Tier wurde verletzt. Beim Arbeitsgang „Direktsaatkombination“ wurden 55 % verschüttet (n=35), 8 konnten sich selbst ausgraben, 5 waren verletzt, 4 wurden nicht mehr gefunden. Bei einem Durchgang mit der Scheibenegge wurden 34% verschüttet (n= 41), 1 Tier konnte sich selbst ausgraben, insgesamt wurden 10 verletzt, 6 nicht mehr gefunden (Berger, Pfeffer, & Kalettka, 2011).

Denkbar ist, dass Amphibien im Ackerbaugebiet in der Schweiz durch die kleinräumig betriebene Landwirtschaft bessere Überlebenschancen haben als in Deutschland. Hier bedarf es auf jeden Fall weiterer Untersuchungen.

Sinsch (1998) gibt als jährliche Mortalitätsrate bei adulten Kreuzkröten 50-60% pro Jahrgang an. Nicht bekannt ist, wieviel Prädation und Überwinterung dazu beitragen. Die Prädationsrate von adulten Kreuzkröten im Landwirtschaftsgebiet scheint anhand der vorliegenden Zahlen (Senderverluste) ebenfalls nicht sonderlich hoch zu sein. Während der Feldarbeit habe ich einige Graureiher, Iltis, Waldkauz, einen Marder und mindestens zwei Füchse beobachten können.

## 5.2 Ist das Ackerbaugebiet für Kreuzkröten geeignet?

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass das Überleben einer Kreuzkröten-Population im Ackerbaugebiet von unzähligen biotischen, abiotischen, anthropogenen und natürlichen Faktoren abhängig ist. Diese haben unterschiedliche Einwirkungen und Wechselwirkungen auf die aquatische Lebensphase, die Metamorphose und auf die juvenile und adulte terrestrische Lebensphase der Kreuzkröten (Berger, Pfeffer, & Kalettka, 2011). Die vorliegende Arbeit hat ausschliesslich die Raumnutzung adulter männlicher Tiere in der Zeitspanne unmittelbar nach der Reproduktion bis zu ihrem Rückzug in ihre Überwinterungsorte untersucht. Nicht untersucht wurden die larvale Phase, der Metamorphose-Erfolg sowie die Raumnutzung und Risiken juveniler Kreuzkröten in der landwirtschaftlichen Nutzzone. Diese Stadien sind für das Überleben dieser stark bedrohten Art aber entscheidend (Sinsch, 1998) und müssen für eine umfassende Evaluation der Überlebenschancen von Kreuzkröten im Ackerbaugebiet deshalb gesondert untersucht und miteinbezogen werden.

### Räumlich-strukturelle Eignung:

**Fortpflanzung:** Die Lebensraumanalyse des Oberen Suhrental zeigt, dass wenig Laichgewässer zur Verfügung stehen und die Dauer der Wasserführung bei den meisten Tümpeln unzureichend ist. Dies hat zur Folge, dass adulte Kreuzkröten weit wandern müssen, und dadurch viel Energie aufwenden müssen. Diese kann bei der Reproduktion wiederum fehlen. Die Aufwertungstümpel liegen teilweise zu weit innerhalb von Wiesenflächen statt in deren Randzonen, damit ist zu wenig Strukturvielfalt für Verstecke vorhanden und werden nur wenige Optionen geboten, sich während der Rufphase an Witterungsbedingungen anzupassen. Wurzelstöcke als Versteckmöglichkeiten gibt es viel zu wenig, wenn dann zu kompakt und wenig Versteckmöglichkeiten bietend. Die Dauer der Wasserführung lässt weder eine erfolgreiche Paarung während aller drei Rufperioden noch eine erfolgreiche Metamorphose der Larven zu.

Genau dies sind aber die bestimmenden Schlüsselfaktoren für das Vorkommen und das Überleben einer gesamten Kreuzkröten-Population: genügend Laichgewässer mit genügend langer Wasserführung (Sinsch, 1998). Der einzige Vorteil von wenig vorhandenen Laichgewässern ist, dass die Tiere durch die grosse Wanderung einen vermehrten Genaustausch pflegen und lokales Aussterben allenfalls auffangen können (Miaud & Sanuy, 2000).

→ **Fazit:** Das Landwirtschaftsgebiet ist bedingt geeignet für die Reproduktion von Kreuzkröten, aber durch gezieltes Anlegen von mehr und geeigneteren Tümpeln sehr gut aufwertbar

**Sommerlebensraum:** Die Fundorte der besenderten Tiere sowie ihre Überlebensrate und Gewichtsverläufe lassen diese Frage mit „**ja, aber.**“ beantworten. Die Tiere haben nur Randzonen und Übergangszonen genutzt. Damit ist die Eignung des Landwirtschaftsgebietes direkt abhängig von der vorherrschenden Schlaggrösse und der Form der Felder:

1. Die Anbauflächen sollten möglichst klein und / oder lang und schmal sein.
2. Die Tiere brauchen zudem ein vielseitiges Angebot von Fruchtfolgeflächen in unmittelbarer Umgebung, um jederzeit passende Versteckstrukturen nutzen zu können.
3. Bei schweren Böden sind Feldmausvorkommen wahrscheinlich zwingend.

→ **Fazit:** Als Sommerlebensraum geeignet, unter obigen Bedingungen

**Überwinterung:** Die Erfahrung im Suhrental zeigt, dass auch im Landwirtschaftsgebiet Kreuzkröten ihrem Instinkt folgen und den Überwinterungsstandort bevorzugt an erhöhter Lage und an sonnig gelegenen Böschungen wählen. Bezüglich Wasser- und Elektrolythaushalt sowie thermoregulatorisch sind die Tiere während des Winters vor grosse Anforderungen gestellt und viele Tiere überleben den Winter nicht (Sinsch, 2009). Die Wahl des Winterstandortes ist also entscheidend. Entsprechend müssen passende Standorte in erreichbarer Distanz vorhanden sein, damit das Gebiet als geeignet gelten kann.

→ **Fazit:** Ja, sofern sonnige Böschungen mit grabbarem Substrat oder Mäusegängen vorhanden

**Eignung trotz ackerbaulicher Massnahmen:**

Verletzungen oder Todesfälle durch ackerbauliche Massnahmen bei erwachsene Kreuzkröten konnten in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Die genannte Studie aus Deutschland zeigt, dass bodenbearbeitende Massnahmen sich durchaus verheerend auf Amphibien auswirken können (Berger, Pfeffer, & Kalettka, 2011).

→ **Fazit:** Weitere Untersuchungen sind notwendig

**Eignung trotz chemischen Umweltbelastungen:**

Hier besteht dringender und grosser Forschungsbedarf in Bezug auf alle Lebensstadien diverser Amphibien, insbesondere auch auf Langzeitauswirkungen (Genveränderungen).

### 5.3 Beurteilung der angewendeten Methoden

**Besenderung:** Nach der Besenderung der ersten Kohorte gab es leider drei Todesfälle: Die Freilassung erfolgte unmittelbar nach dem Anlegen des Gurtes und direkt am Wasser. Die Tiere flohen ins Wasser, versuchten mit Rumpfbewegungen den Gurt loszuwerden und tauchten nach einiger Zeit ab. In drei Fällen hat dieses Verhalten offenbar zum Erschöpfungstod geführt. Bei den weiteren Besenderungen wandten wir eine andere Strategie an: wir behielten die Tiere nach Anlegen des Gurtes im Eimer. Dort interagierten sie lebhaft, wodurch die Empfindung bezüglich Gurt in den Hintergrund rückte. Das Freilassen erfolgte dann gleichzeitig und etwas entfernt vom Laichgewässer, und die Tiere wurden eine halbe Stunde beobachtet. Dieses Vorgehen bewährte sich.

Eine Kröte wies nach einer längeren Wanderung massive Schnittwunden in beiden Leisten auf. Diese könnten, trotz Einbiegen, von den scharfen Metallrändern des Gurtverschlusses (Konnektor) verursacht worden sein. Ich bin bereits auf der Suche nach einer besseren Lösung.

**Telemetrieren:** Die Datenaufnahme im Feld erfolgte „so oft wie möglich“, nicht aber in fixen Abständen. Für Home Ranges Berechnungen gäbe eine fixe Frequenz genauere Resultate.

Für die Ortung der Tiere im Boden oder zwischen Blocksteinen (Kiesgrube) erwies sich die Yagi-Antenne oftmals als unhandlich. Fellers und Kleeman (2003) schlagen eine Modifizierung des Antennen-Kabels vor, die es auszuprobieren gilt.

**Lebensraumanalyse:** Die Digitalisierung der Vegetationsflächen anhand von Luftaufnahmen erfolgte sehr sorgfältig. Eine Fehlerquote von +/- 5 Prozent möchte ich dennoch nicht ausschliessen.

**Auswertungen:** Die Datenerhebungen in der Kiesgrube sind leider dürftig ausgefallen und die Tiere haben den Sender häufig frühzeitig abgeworfen. Die Vergleichbarkeit mit dem Landwirtschaftsgebiet ist nicht in allen Punkten gegeben (z.B. Versteckstrukturen).

Für die Auswertung von Nutzung und Präferenzen wurden die Daten der Tiere aus einem Areal als eine Stichprobe behandelt, da die Anzahl Datenpunkte pro Tier sehr unterschiedlich war. Dadurch

wurden die Datenpunkte zwar anteilmässig korrekt gewichtet, aber individuelle Unterschiede (Streuung) als wichtige Information gingen verloren.

## 5.4 Relevanz der Resultate zu einer nachhaltigen Entwicklung

Die Schweiz hat sich vor Jahrzehnten verpflichtet, bedrohte Arten vor der Ausrottung zu bewahren (Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (BV, 1999), Art. 78 Abs. 4, und Bundesgesetz über den Natur und Heimatschutz (NHG, 1966), Art 18, und Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV, 1991), Art 20). Im Jahre 2002 hat sie mit anderen Mitgliedstaaten die Biodiversitäts-Konvention verabschiedet. Auch in der Strategie Biodiversität Schweiz (Bundesamt für Umwelt BAFU, 2012) hält sie am Artenschutz durch Schutz des Lebensraumes fest.

Die Gesetze für den Natur- und Artenschutz sind vorhanden. Beide Bereiche sind ohne ökologische Grundlagenforschung aber undenkbar geworden. „Gesetze können nicht schützen, was man nicht kennt“ (Küster, 1999).

Die vorliegende Telemetrie-Studie hat wesentlich dazu beigetragen, die Raumnutzung und Ansprüche der Kreuzkröten an ihren Lebensraum besser zu verstehen. Diese neuen Erkenntnisse tragen dazu bei, geeignete Gebiete für Fördermassnahmen besser identifizieren zu können und Massnahmen gezielter einzusetzen. Mit kleinen Anpassungen und Rücksichtnahmen bei der Bewirtschaftung kann der Lebensraum Ackerbaugesbiet für Kreuzkröten so wesentlich aufgewertet und ihre Überlebenschancen gesteigert werden. Mit durchdachten Strategien kann er auch zur Vernetzung von langjährigen Quell-Populationen beitragen, ohne dass Mehrkosten oder Ertragsausfälle entstehen. Die Resultate dieser Studie tragen deshalb aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht zu einer nachhaltigen Entwicklung bei.

Die gesammelten Felddaten sind reichhaltig und wurden für diese Arbeit nur teilweise ausgewertet. Sie werden für eine weiterführende Studie nochmals wertvolle Verwendung finden.



## 6 Konsequenzen für die Förderung der Kreuzkröte (*Bufo calamita*) im Landwirtschaftsgebiet

Die vorliegende Telemetrie-Studie hat neue Erkenntnisse in Bezug auf die Raumnutzung von Kreuzkröten im Ackerbaugesamt geschaffen. Diese sollen in der Praxis Anwendung finden. Um eine möglichst grosse Vollständigkeit der Aussagen zu gewährleisten, habe ich diese neuen Erkenntnisse mit bereits bestehenden Empfehlungen zur Förderung von Kreuzkröten aus folgenden Quellen zusammengestellt:

- [1] Praxismerkblatt für von der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (Mermod et al., 2010)
- [2] Zusammenfassung der Diskussionsrunde des Kreuzkröten-Workshops der karch (karch, 2012).
- [3] Praxismerkblatt –Amphibienkleingewässer für Pionierarten des Kt. Aargau (Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kt. Aargau, 2010)
- [4] Aktionsplan Kreuzkröte (*Bufo calamita*) der Baudirektion Kanton Zürich (Meier, 2004)
- [5] Holzhaufen für Kröten vonnöten (Schmidt & Indermaur, 2012).
- [6] Quantitative recommendations for amphibian terrestrial habitat conservation derived from habitat selection behavior (Indermaur & Schmidt, 2011).

Zugunsten der Übersichtlichkeit habe ich auf detaillierte Quellenhinweise in den Tabellen 6, 7 und 8 verzichtet.

Tabelle 6: Prioritäten bei der Auswahl geeigneter Gebiete

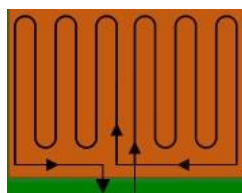
Auswahl geeigneter Landwirtschaftsgebiete		
Prioritäten	Vorkommen	Kriterien
<p>①</p> <p>Vernetzung von Quellpopulationen</p>	<p>Langjährige starke Populationen im Umkreis von wenigen Kilometern vorhanden →Verbreitungskarten unter <a href="http://www.karch.ch">www.karch.ch</a> konsultieren</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enges Mosaik aus Wiese, Weideland und Ackerbauland vorhanden</li> <li>• Kleine Schläge (ideal ≤ 1ha) oder schmal-streifig angeordnete</li> <li>• Sonnige Böschungen an leicht erhöhter Lage vorhanden</li> </ul>
<p>②</p> <p>Stärkung und Vernetzung kleiner Populationen</p>	<p>Kreuzkröten-Populationen gesichtet</p>	

Tabelle 7: Massnahmen zur Stärkung der Reproduktion

<b>Angebot an Laichgewässern erhöhen</b>		
<b>Ziele</b>	<b>Methoden</b>	<b>Massnahmen</b>
<b>Bestehende Nassstellen erhalten</b>	Identifizieren	Monitoring, Aufrufe, Rückfragen bei BewirtschafterInnen
	<b>Schützen!</b>	Verträge abschliessen
<b>Multifunktionale Anlagen einbeziehen</b> - Sicherheitsbecken (Industrie, Hochwasser) - Retentionsanlagen - Pflanzenkläranlagen - Feuerwehrweiher	Regenerieren	Mähen, Beweiden, Entbuschen, Abschürfen, Ersetzen
	Aufwerten	<p><b>Tagesversteckstrukturen schaffen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ast- und Wurzelstockhaufen errichten</li> <li>• Steinhaufen direkt am Gewässer</li> <li>• Hohlräume mit Sand, Erde füllen</li> </ul> <p><b>Falls mehr als 5 Meter vom Feldrand entfernt:</b> Andere Strukturen als Verbindung einbauen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buntbrache, Rotationsbrache</li> <li>• Kleinflächen in Ackerkulturen: Patches oder Streifen gemäss IP-Suisse</li> </ul> <p><b>Falls Ufer steil oder glitschig:</b> Ein- und Ausstiegshilfen schaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kokosmatten, alte Seilnetze, Astmaterial</li> </ul>
<b>Potenzielle Tümpel aufwerten</b>	Umgestalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdichtete und vernässte Stellen identifizieren</li> <li>• Mittels Austiefung, Verdichtung, ev. Folienlegung <b>flache, sonnige temporäre Tümpel mit Wasserführung von April bis Ende August errichten</b></li> <li>• Karrenspuren vertiefen und zusätzlich verdichten</li> <li>• Vertiefungen und Gräben nachtiefen</li> <li>• Defekte Drainagen belassen, gezielt verschliessen</li> <li>• Hangwasser oberflächlich nutzen statt drainieren</li> </ul>
<b>Neue Tümpel schaffen</b>	Platzieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>In Randzonen kleiner Schläge</b></li> <li>• <b>In Nähe sonniger Böschungen (Überwinterung)</b></li> </ul>
	Ausstatten	<p><b>Versteckstrukturen schaffen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ast- und Wurzelstockhaufen errichten</li> <li>• Steinhaufen direkt am Gewässer</li> <li>• Hohlräume mit Sand, Erde füllen</li> </ul>
<b>Unterhaltmassnahmen</b>	Ausführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausserhalb der Laichzeit (April bis Ende August)</li> <li>• Balkenmäher verwenden, Schnitthöhe 10-12 cm</li> </ul>

Tabelle 8: Massnahmen zur Erhöhung der Habitatqualität

Sommerlebensräume aufwerten		
Ziele	Methoden	Massnahmen
Raumangebot erhöhen und Lebensräume vernetzen	Strukturvielfalt vor allem in Kernzonen der Schläge anbieten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buntbrachen , Rotationsbrachen</li> <li>• Ackersäume</li> <li>• Kleinflächen in Ackerkulturen: Streifen oder Patches gemäss IP-Suisse (Jenny et al., 2009)</li> </ul>
	Strukturvielfalt im ganzen Schlag erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weite Reihe im Getreide gemäss IP-Suisse</li> </ul>
Habitatqualität erhöhen	Strukturvielfalt auch in Randzonen erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buntbrachen, Rotationsbrachen</li> <li>• Ackersäume</li> <li>• Tages-Versteckstrukturen schaffen:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ast- und Wurzelstock oder Steinhäufen</li> <li>- Mieten, gehacktes Schnittgut, Kompost</li> <li>- Sandhäufen und Erdwälle (Aushubmaterial)</li> </ul> </li> <li>• Niederhecken mit sonnigen Krautsäumen</li> <li>• Doppelzäune</li> </ul>
Risiken minimieren	Schutz vor chemischen Belastungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ackerschonstreifen</li> <li>• Extensive Produktion (Extenso-Getreide)</li> <li>• Pufferzonen um Laichgewässer mind. 6 Meter</li> <li>• Wegrandstreifen und Randzonen bei Einsatz von Herbiziden, Pestiziden, Mineraldünger und Hofdünger schonen</li> <li>• Biolandbau</li> </ul>
	Schutz vor mechanischer Schädigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Von innen nach aussen arbeiten</li> <li>• Gestaffelte Mahd</li> <li>• Balkenmäher verwenden</li> </ul>
Überwinterungsstandorte anbieten		
Ziele	Methoden	Massnahmen
Überwinterung in frostfreiem Substrat ermöglichen	Bestehende Strukturen nutzbar machen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laichgewässer gezielt in Nähe von sonnigen Böschungen errichten</li> </ul>
Habitatqualität erhöhen	Ersatzstandorte anbieten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleinstrukturen an sonnigen, erhöhten Lagen und in Nähe Laichgewässer anbieten</li> <li>- Ast- und Wurzelstock oder Steinhäufen</li> <li>- Mieten, gehacktes Schnittgut, Kompost</li> <li>- Sandhäufen und Erdwälle (Aushubmaterial)</li> <li>- vorher etwas Ausheben, sodass Zugang zu frostfreiem Substrat möglich</li> </ul>
Streifgebiete verkleinern		



## 7 Literaturverzeichnis

- Berger, G., Pfeffer, H., & Kalettka, T. (2011). Amphibienschutz in kleingewässerreichen Ackerbaugebieten. Rangsdorf: Natur & Text.
- Bosman, W., Van Gelder, J.J., & Strijbosch, H. (1996). Hibernation sites of the toads *Bufo bufo* and *Bufo calamita* in a river floodplain. *Herpetological Journal*, 6, S. 83-86
- Bosshard, A., Schläpfer, F., & Jenny, M. (2011). Weissbuch Landwirtschaft Schweiz (2. Auflage). Bern: Haupt Verlag.
- Bühler, Ch. (2012). Bestandesüberwachung der Kreuzkröte im Kanton Aargau. Kreuzkröten Workshop karch, Bern, unveröffentlicht.
- Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Meteo Schweiz. (2013). Klimanormwerte - Karten. Abgerufen am 09. Dezember 2013 von [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima\\_schweiz/Klimakarten\\_schweiz\\_1961-90.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/Klimakarten_schweiz_1961-90.html)
- Bundesamt für Umwelt BAFU (2012). Strategie Biodiversität Schweiz. Bern
- Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (Bundesverfassung BV), 18. April 1999). SR 101 (Stand am 3. März 2013).
- Bundesgesetz über den Natur und Heimatschutz (Natur- und Heimatschutzgesetz, NHG). 1. Juli 1966). SR 451 (Stand am 1. Oktober 2013).
- Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kt. Aargau. (2010). Praxismerkblatt Amphibienkleingewässer für Pionierarten.
- Fellers, G., & Kleeman, P. (2003). A Technique for Locating and Recovering Radiotransmitters at Close Range. *Herpetological Review*, 34(2), S. 123.
- Finger, A., Kläy, P., Wisler, P., & Wittwer, U. (2011). Landschaftstypologie Schweiz Teil 2, Beschreibung der Landschaftstypen. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung, ARE; Bundesamt für Umwelt, BAFU; Bundesamt für Statistik BFS.
- Husté, A., Clobert, J., & Miaud, C. (2006). The movements and breeding site fidelity of the natterjack toad (*Bufo calamita*) in an urban park near Paris (France) with management recommendations. *Amphibia-Reptilia*, 27, S. 561-568.
- Indermaur, L., Gehring, M., Wehrle, W., Tockner, K., & Naef-Denzer, B. (2009a). Behavior-based scale definitions for determining individual space use: requirements of two amphibians. *The American Naturalist*, 173(1), S. 60-71.

- Indermaur, L., Gehring, M., Wehrle, W., Tockner, K., & Naef-Daenzer, B. (2009b). Appendix B from L. Indermaur et al., "Behavior-Based Scale Definitions for Determining Individual Space Use: Requirements of Two Amphibians". *American Naturalist*, 173(1), S. 60.
- Indermaur, L., Winzeler, T., Schmidt, B., Tockner, K., & Schaub, M. (2009c). Differential resource selection within shared habitat types across spatial scales in sympatric toads. *Ecology*, 90(12), S. 3430-3444.
- Indermaur, L. & Schmidt, B.R. (2011). Quantitative recommendations for amphibian terrestrial habitat conservation derived from habitat selection behavior. *Ecological Applications*, 21(7), S. 2548-2554.
- Ivlev, V. (1961). *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press.
- Jenny, M., Fischer, J., Pfiffner, L., Birrer, S., & Graf, R. (2009). Leitfaden für die Anwendung der Punktesystems - Biodiversität IP-SUISSE. Zollikofen: IP-SUISSE.
- karch. (2012). Zusammenfassung der Diskussionsrunde des Kreuzkröten-Workshops der karch. Bern: karch.
- Kenward, R. E. (2001). *A Manual For Wildlife Radio Tagging*. London: Academic Press.
- Küster, H. (1999). Naturschutz und Ökologie – Bewahren des Wandels. *Biologen heute. Mitteilungen des Verbandes Deutscher Biologen e.V. und biowissenschaftlicher Fachgesellschaften* 445, 5/99, S.1-5.
- Leskovar, C., Oromi, N., Sanuy, D., & Sinsch, U. (2006). Demographic life history traits of reproductive natterjack toads (*Bufo calamita*) vary between northern and southern latitudes. *Amphibia-Reptilia*, 27, S. 365-375.
- Meier, C. (2004). Aktionsplan Kreuzkröte (*Bufo calamita*). Zürich: Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Landschaft und Natur.
- Mermod, M., Zumbach, S., Aebischer, A., Leu, T., Lippuner, M., & Schmidt, B. (2010). Praxismerkblatt Artenschutz Kreuzkröte *Bufo calamita*. Neuenburg: karch Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz.
- Meyer, A., Zumbach, S., Schmidt, B., & Monney, J. (2009). Auf Schlangenspuren und Krötenpfaden. Bern: Haupt Verlag.
- Miaud, C., & Sanuy, D. A.-N. (2000). Terrestrial movements of the natterjack toad *Bufo calamita* (Amphibia, Anura) in a semi-arid, agricultural landscape. *Amphibia-Reptilia*, 21, S. 357-369.
- Rathbun, G., & Murphey, T. (2010). Evaluation of a radio-belt for ranid frogs. Abgerufen am 28. Dezember 2012 von <http://www.holohil.com/rathbun.htm>

- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing.  
R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Schmidt, B.R., & Zumbach, S. (2005). Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz. Bern:  
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft und Koordinationsstelle für Amphibien- und  
Reptilienschutz in der Schweiz.
- Schmidt, B.R. & Indermaur, L. (2012). Holzhaufen für Kröten vonnöten. *Ornis*, 12(5), S. 38-39.
- Schneeweiss, N. & Schneeweiss, U. (1997): Amphibienverluste infolge mineralischer Düngung auf  
Ackerflächen.- *Salamandra* 33: 1-8
- Seitz, N. (2013). Drainagen in der Schweiz. Abgerufen am 22. Oktober 2013 von  
<http://www.suissemelio.ch/files/publikationen/de/DrainageninderSchweiz.pdf>
- Signer, J., & Balkenhol, N. (2013). Reproducible Home Ranges with R. Abgerufen am 1.  
November 2013 von [http://www.iugb2013.org/docs/O.TL.25\\_signer.pdf](http://www.iugb2013.org/docs/O.TL.25_signer.pdf)
- Sinsch, U. (1988). Temporal spacing of breeding activity in the natterjack toad, *Bufo calamita*.  
*Oecologia* 76, S. 399-407.
- Sinsch, U. (1990). Verhaltens- und ökophysiologische Untersuchungen an einer Kreuzkröten-  
Population: Wanderungen, Orientierung, Reproduktion, Dynamik, Thermoregulation und  
Wasserhaushalt. unveröffentlicht.
- Sinsch, U. (1992). Structure and dynamic of a natterjack toad metapopulation (*Bufo calamita*).  
*Oecologia* Band 90, S. 489-499.
- Sinsch, U. (1998). Biologie und Ökologie der Kreuzkröte. Bochum: Laurenti Verlag.
- Sinsch, U. (2009). *Bufo calamita* Laurenti, 1768 - Kreuzkröte. In K. Grossenbacher (Hrsg),  
Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas Froschlurche II (1.Ausg.). Wiebelsheim.
- Tufto, J., Andersen, R., & Linnell, J. (1996). Habitat use and ecological correlates of home range  
size in a small cervid: the roe deer. *Journal of Animal Ecology*, 65, S. 715-724.
- Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (Natur- und Heimatschutz Verordnung, NHV) (16.  
Januar 1991). SR 451.1 (Stand 1. März 2011).
- Widmer, P. (1961). Zur Geographie des Suhrentales. Abgerufen am 17. Oktober 2013 von [http://e-  
collection.library.ethz.ch/eserv/eth:31859/eth-31859-02.pdf](http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:31859/eth-31859-02.pdf)

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: (Titelbild): Kröte Vasko bei Regen, 03.07.2013 / E. Schweizer.....	2
Abbildung 2: Einteilung in Areale.....	16
Abbildung 3: Übersicht Areale A, B und Kiesgrube.....	17
Abbildung 4: Kreuzkröte Thomas, besendert bei Hafni-Scheune, 04.06.2013.....	18
Abbildung 5: Habitatangebot bezüglich Merkmal Bodenbearbeitung.....	23
Abbildung 6: Habitatangebot bezüglich Merkmal Vegetation.....	24
Abbildung 7: Aufwertungstümpel Hafni-HspM.....	24
Abbildung 8: Beliebte Nassstelle „Hafni-Scheune“ .....	24
Abbildung 9: Anzahl Nassstellen pro Gebiet.....	25
Abbildung 10: Gebiet Hafni nach Starkregenfall .....	25
Abbildung 11: Geschätzte Wasserfläche pro Hektare.....	25
Abbildung 12: Teilansicht der 95% Home Ranges und 50% Core Ranges im Landwirtschaftsgebiet.....	27
Abbildung 13: Allgemeine Lage der Home Ranges im Untersuchungsgebiet.....	28
Abbildung 14: Maximale Distanzen der Fundorte zum Laichgewässer.....	29
Abbildung 15: Topografische Verschiebung der Fundorte, mit Überwinterungsstandorten ..	30
Abbildung 16: Lage der Überwinterungsstandorte.....	30
Abbildung 17: Anteil Fundorte in Randzonen der Anbauflächen.....	31
Abbildung 18: Anteil Streifgebiete (95% HR) in Kernzonen pro Vegetationstyp.....	32
Abbildung 19: Nutzung der Flächen nach Merkmal Bodenbearbeitung.....	33
Abbildung 20: Nutzung der Flächen nach Merkmal Vegetation.....	33
Abbildung 21: IVLEV-Index: Merkmal Bodenbearbeitung.....	34
Abbildung 22:IVLEV-Index: Merkmal Vegetation.....	34
Abbildung 23: Art und Anzahl benutzter Versteckstrukturen.....	35
Abbildung 24: Roberto in Kunstwiese, 07.06. 2013 / E. Schweizer .....	35

Abbildung 25: Martin in Kunstwiese, 20.06.2013 / E. Schweizer .....	35
Abbildung 26:Ulli, Getreide, 07.06.13 / E. Schweizer .....	36
Abbildung 27: Vasko, Getreide,15.06.2013 / E. Schweizer .....	36
Abbildung 28: Anzahl und Art der benutzten Verstecke pro Vegetationstyp.....	36
Abbildung 29: Habitatwahl in Bezug auf Bodenbearbeitung und Tageszeit.....	37
Abbildung 30: Nutzung der Versteckstrukturen in Abhängigkeit der Tageszeit.....	37
Abbildung 31: Selektion der Flächen in Abhängigkeit der Jahreszeit.....	38
Abbildung 32: Nutzung der Versteckstrukturen in Abhängigkeit zur Jahreszeit.....	38



# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Geodaten von Swisstopo, Bundesamt für Landestopografie.....	15
Tabelle 2: Home Range Grössen.....	26
Tabelle 3: Topografische Verschiebung und Lage der Überwinterungsstandorte.....	31
Tabelle 4: Anteil Home Ranges in Randzonen und Kernzonen.....	32
Tabelle 5: Totfunde und Verletzungen.....	39
Tabelle 6: Prioritäten bei der Auswahl geeigneter Gebiete.....	49
Tabelle 7: Massnahmen zur Stärkung der Reproduktion.....	50
Tabelle 8: Massnahmen zur Erhöhung der Habitatqualität.....	51

# Verzeichnis Anhang

A: Datenmodell Raumnutzung der Kreuzkröte im Ackerbaugesamt

B: GIS-Protokoll Lebensraumanalyse

C: Auswertungstabellen

- Habitatangebot
- Nassstellen im Untersuchungsgebiet
- Maximale Distanz zu Laichgewässer
- Home Ranges
- Platzierung Home Ranges in Rand- und Kernzonen
- Anordnung der Fundorte in Rand- und Kernzonen
- Topographische Verschiebung der Aufenthaltsorte
- Habitatnutzung: Bodenbearbeitung und Vegetation
- Habitatpräferenz: IVLEV
- Nutzung von Versteckstrukturen
- Habitatnutzung im Verlauf der Jahreszeit (Monate)
- Habitatnutzung im Verlauf der Tageszeit (Lichtverhältnisse)
- Liste der besenderten Individuen

D: Poster

E: Plagiatserklärung

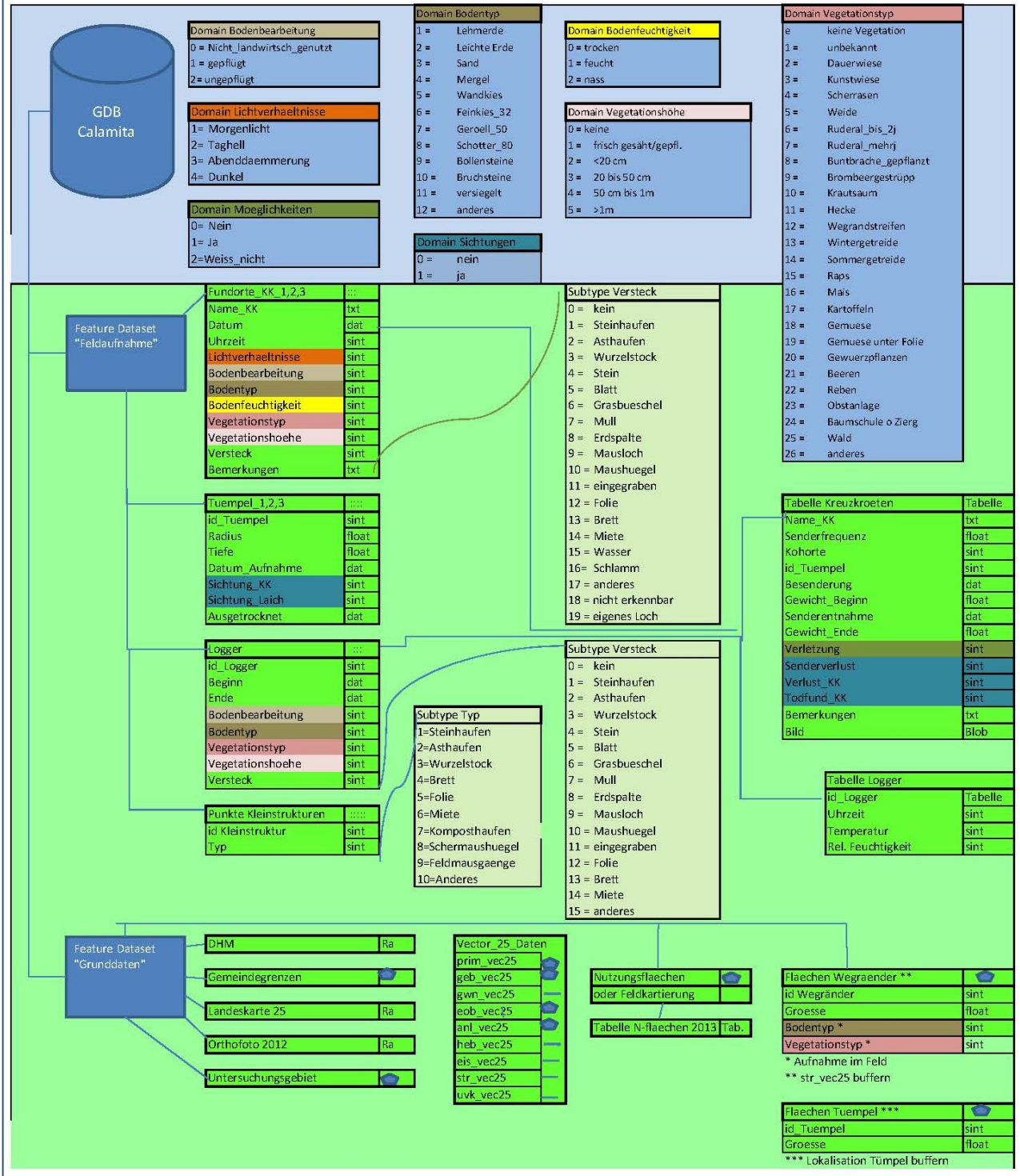
# Anhang A: Datenmodell Raumnutzung der Kreuzkröte im Ackerbaugesamt

## Datenmodell Raumnutzung der Kreuzkröte im Ackerbaugesamt

### Räumliches Modell

Im Zeitraum von Mitte April bis November 2013 werden 36-48 Kreuzkröten-Männchen mit Peil-Sendern versehen. Mindestens 30 Tage lang werden pro Individuum mindestens 30 Aufenthaltsorte tagsüber und nachts via Empfänger, Antenne und mobilem GIS-Gerät ausfindig gemacht und aufgezeichnet. Die Fundorte sollen aufzeigen, ob Kreuzkröten, die im Ackerbaugesamt Suhrental und in einer nahegelegenen Kiesgrube ablaichend, gewisse Bodenbearbeitungstypen, ev. ein bestimmter Bodentyp, bestimmte Vegetationstypen und ev. Vegetationshöhen sowie bestimmte Kleinstrukturen mit bestimmten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen als Verstecke, Jagdgebiete und als Rückzugsorte zur Überwinterung bevorzugen. Die Besenderung von je 12 bis 16 Individuen erfolgt an verschiedenen Laichplätzen zu verschiedenen Zeiten, die erste Kohorte ab Mitte April, zweite Kohorte ab Mitte Mai bis Ende Juni und dritte Kohorte ab Mitte Juli. Die dritte Kohorte wird bis November verfolgt mit dem Ziel deren Überwinterungsstandorte ausfindig zu machen.

### Aufbau Geodatenbank "Calamita"



***Digitalisierung der Vegetationsflächen anhand Felddaten und Luftaufnahmen***

Verwendete Software: ArcGIS Version 10 von ESRI

Verwendete Geodaten:

<b>Datei-name</b>	<b>Dateiinhalt</b>	<b>Datenformat</b>	<b>Koordinatensystem</b>	<b>Nachführungsdatum</b>	<b>Datenherr</b>	<b>Auflösung</b>
Vector25	Dig. Landschaftsmodell, 9 Ebenen	Vektorformat	CH 1903 LV03	13.08.2008	Swisstopo Bundesamt für Landestopografie	-
Ortho-photos	Luftbilder Ortho - 14,23,32, 34,41,43	IMAGINE Image-8 BIT	CH 1903 LV03	08. 2008	Swisstopo Bundesamt für Landestopografie	50,50

Mit ArcMap 10.0 passte ich die Strassenlinien des Datensatzes Vector25 wo nötig an die Strassenverläufe in den Luftaufnahmen an (Linien wenigstens innerhalb der Strassenränder der Luftaufnahme).

Mit dem Tool „feature to polygon“, kreierte ich in Flächen, deren Begrenzung aus den Strassenlinien bestand.

Mit dem Editiertool „cut polygon“ schnitt, bzw. digitalisierte ich diese Flächen entsprechend den Luftaufnahmen und meinen Skizzen in die erforderliche Form und attributierte die neu entstandenen Teilflächen bezüglich Vegetation, Bodenbearbeitung, Bodenbeschaffenheit, Datum der Aufnahme und spezielle Bemerkungen.

Aus den Strassenlinien generierte ich mithilfe der Tools Buffer, Union und Dissolve einen Datensatz Strassenflächen entsprechender Breite (Strassen 1.Klasse: 8m; 2.Klasse: 6m; 3.Klasse 3.5m; 4.Klasse: 3.0m; 5.Klasse: 2.0m; 6.Klasse:1m).

Diese Flächen subtrahierte ich von den erhobenen Vegetationsflächen (Tool Erase).

Dann generierte ich die Wegrandstreifen, indem ich den Datensatz Strassenflächen mit 0.5m umrandete (Tool „buffer“).

Auch diese Flächen subtrahierte ich vom Datensatz Vegetationsflächen via Tool Erase.

Kleine Ungenauigkeiten (zum Beispiel durch Strassenbreiten, die gemäss Definition plötzlich schmaler oder breiter waren) eliminierte ich durch Topologie-Regeln (not overlap and no gaps) und dem Fix Topology Error Tool.