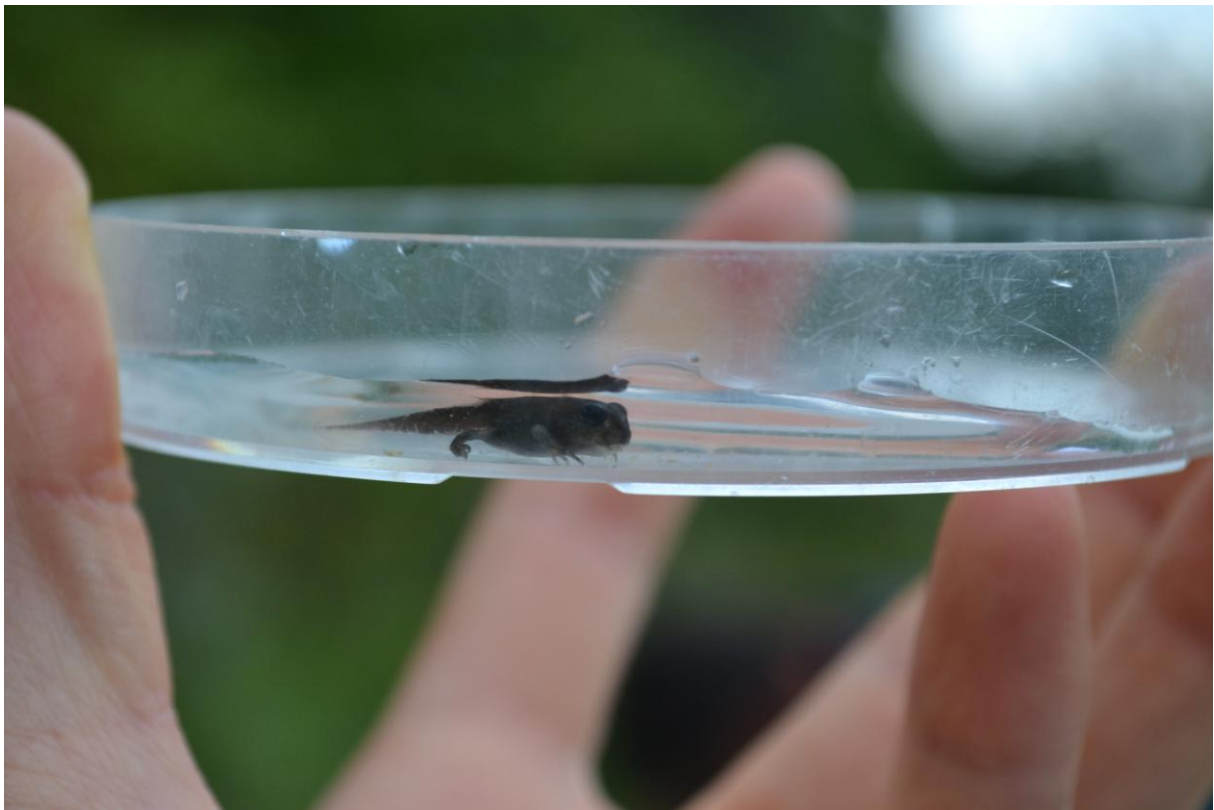

Untersuchung zur Eignung künstlich erstellter Teiche für Kreuzkröten

Sind Betonteiche als Förderungsmaßnahme für Kreuzkröten geeignet und eignen sich dafür eher grössere Teiche oder Kleingewässer?



Maturaarbeit Jahrgang 2015 im Fach Biologie
am Gymnasium Biel-Seeland

Autorin:
Carole Bringold, Klasse 15U

Betreuung:
Herr Dr. Ueli Reber

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1 Abstract	1
2 Einleitung	3
2.1 Ausgangslage	3
2.2 Problemstellung	4
2.2.1 pH-Wert	4
2.2.2 Konkurrenz	5
2.3 Biologie der Kreuzkröte.....	6
2.3.1 Systematische Einteilung.....	6
2.3.2 Äusserliche Merkmale	6
2.3.3 Lebensraum	7
2.3.4 Lebensweise.....	7
2.3.5 Nahrung	7
2.3.6 Fortpflanzung und Entwicklung	8
2.3.7 Feinde	9
2.3.8 Verbreitung.....	9
2.3.9 Bestandessituation in der Schweiz	9
2.4 Gefährdung und Artenschutz	10
2.4.1 Gefährdung	10
2.4.2 Schutz- und Fördermassnahmen.....	10
3 Material und Methode	11
3.1 Versuchsanordnung	11
3.2 Standort.....	12
3.3 Materialien	12
3.4 Vorgehen.....	13
4 Resultate	17
4.1 Wassertemperatur	17
4.2 pH-Wert	18
4.2.1 Wannen mit Betonuntergrund	18
4.2.2 Wannen mit Plastikuntergrund	18
4.2.3 Vergleich der pH-Werte	18
4.2.4 Künstliche Teiche	19
4.3 Phosphatgehalt	19

4.4	Überlebensrate	20
4.4.1	Wannen mit Betonuntergrund	20
4.4.2	Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen	20
4.4.3	Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen.....	20
4.4.4	Vergleich der Überlebensrate	21
4.5	Längenwachstum	22
4.5.1	Wannen mit Betonuntergrund	22
4.5.2	Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen	22
4.5.3	Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen.....	22
4.5.4	Vergleich des Längenwachstums	23
4.6	Entwicklungszeit.....	24
4.6.1	Wannen mit Betonuntergrund	25
4.6.2	Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen	25
4.6.3	Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen.....	25
4.6.4	Vergleich der Entwicklungszeiten.....	26
4.7	Vergleich des Folgeexperiments mit den Resultaten der ersten Versuchsserie.....	27
4.7.1	Wassertemperatur	27
4.7.2	pH-Wert.....	28
4.7.3	Phosphatgehalt.....	29
4.7.4	Überlebensrate	29
4.7.5	Längenwachstum	30
4.7.6	Entwicklungszeit	31
5	Diskussion und Schlussfolgerungen	33
5.1	Vergleich der Resultate in den Wannen mit und ohne Betonuntergrund	33
5.2	Auswirkungen der höheren Kaulquappendichte.....	35
5.3	Verbesserungsmöglichkeiten für den zukünftigen Artenschutz	36
6	Schlusswort.....	37
7	Quellenverzeichnis	38
7.1	Literaturquellen.....	38
7.2	Internetquellen	38
7.3	Mündliche Mitteilungen	39
7.4	Abbildungen und Diagramme.....	39
Anhang

Vorwort

Schon als ich mich erstmals mit dem Thema Maturaarbeit befasste stand für mich fest, dass ich diese im Fach Biologie machen werde. Ich wollte unbedingt auch praktisch und wenn möglich draussen arbeiten.

Da mich verschiedene Themenbereiche der Biologie interessieren, war die Themenfindung nicht leicht. Als ich mich für ein bestimmtes Thema entschieden hatte und dazu erste Überlegungen anstellte, stellte sich heraus, dass die geplanten Untersuchungen nur während der Winter- und Frühlingsaison durchgeführt werden konnten und daher für mich zeitlich nicht realisierbar waren.

Also machte ich mich erneut auf Themensuche. Mit Hilfe der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz der Schweiz KARCH kam ich auf das Thema Amphibien-, insbesondere Kreuzkrötenschutz. Obwohl noch ohne Erfahrungen in diesem Bereich, hat mich das Thema sehr angesprochen und interessiert. Die Frage, ob Betonteiche als Förderungsmaßnahme für Kreuzkröten geeignet sind und ob relativ grosse künstliche Teiche oder nur Kleingewässer angelegt werden sollten, wurde bisher noch nicht untersucht. Die Beantwortung dieser Frage war auch für die KARCH von Interesse. Somit entschied ich mich, dieser Fragestellung nachzugehen und Untersuchungen dazu durchzuführen.

Mein spezieller Dank geht an Frau Ursina Tobler von der KARCH, mit der ich den Ansatz der Experimente besprechen konnte und die mir während der gesamten Arbeit bei Fragen oder Unklarheiten zur Verfügung stand. Danken möchte ich auch meinen Eltern, die mich bei der gesamten Arbeit sehr unterstützten. Ein weiterer Dank geht an das Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, das mir die Bewilligung für die Durchführung der Experimente erteilte. Zusätzlich danken möchte ich der Stadtgärtnerei Biel, die mir das Gebiet für die Durchführung meiner Freilandexperimente zur Verfügung stellte.

1 Abstract

In dieser Arbeit wurde die Wirkung von Beton auf Kaulquappen der Kreuzkröte untersucht. Da Beton einen hohen pH-Wert besitzt [17], könnte er negative Auswirkungen auf die Entwicklung der Tiere haben. Aus den Resultaten konnten Schlüsse gezogen werden, ob künstlich erstellte Betonteiche als Förderungsmaßnahme der Kreuzkröte geeignet sind.

Zusätzlich wurde mit dieser Arbeit untersucht, ob Kleingewässer aufgrund der darin vorkommenden hohen Dichten an Kaulquappen pro Liter Wasser [1; S. 123] für deren Entwicklung ungeeignet sind und es deshalb besser wäre, an Stelle von Kleingewässern grössere künstliche Teiche anzulegen. Dies wurde mithilfe eines Experiments mit zwei verschiedenen Dichten an Kaulquappen pro Liter Wasser getestet.

Der Untersuchungsstandort befand sich im Mettmoos im Bieler Aussenquartier Mett. Die Wirkung von Beton auf Kaulquappen wurde mit Hilfe von sechs mit Beton ausgegossenen Plastikwannen getestet, die mit Wasser gefüllt und mit je 15 Eiern versetzt wurden. Um mögliche negative Effekte zu erkennen, wurden zusätzlich sechs gleiche, nicht mit Beton ausgegossene Wannen mit Wasser gefüllt und ebenfalls mit je 15 Eiern versetzt.

Die mit 15 Eiern versetzten sechs Wannen ohne Betonboden stellten zudem die Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen dar. Weiter wurden sechs zusätzliche Plastikwannen ohne Betonuntergrund mit Wasser gefüllt, jedoch mit 30 Eiern, das heisst der doppelten Dichte, versetzt. Sie stellten somit die Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen dar und dienten dem Vergleich mit den Plastikwannen ohne Betonuntergrund mit halb so grosser Kaulquappendichte. Zweimal pro Woche wurden der pH-Wert und die Temperatur des Wassers gemessen sowie die Anzahl Kaulquappen, deren Länge und Entwicklungsstadium bestimmt. Zusätzlich wurde einmal wöchentlich der Phosphat-Gehalt des Wassers gemessen.

Wie die Messungen zeigten, erhöhte der Beton den pH-Wert des Wassers in den entsprechenden Wannen. Nahezu keine Kaulquappen in den Betonwannen überlebten die erste Woche. Von den wenigen verbliebenen Kaulquappen konnte keine einzige die Individualentwicklung abschliessen. Es kann mit grosser Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass der erhöhte pH-Wert für die negativen Auswirkungen auf die Kaulquappen verantwortlich war, da zwischen den Wannen mit und ohne Betonboden nur ein unterschiedlicher pH-Wert festgestellt werden konnte und höchstwahrscheinlich keine toxischen Mittel im Beton vorhanden waren.

Da Betonteiche zur Förderung von Amphibien nach der Erstellung zum Teil zuerst provisorisch mit Wasser gefüllt, anschliessend wieder entleert, ausgewaschen und schliesslich neu aufgefüllt werden [50], könnte der pH-Wert des Wassers durch diese Massnahmen nach dem Wiederauffüllen im Vergleich zu vorher tiefer liegen. Ob dies wirklich zutrifft und ob sich ein ausgewaschener Betonuntergrund nicht oder zumindest weniger negativ auf die Kaulquappen auswirkt, wurde mit einem Folgeexperiment getestet.

Tatsächlich sank der pH-Wert nach dem Auswaschen der Wannen mit Betonboden deutlich, was wahrscheinlich der Grund dafür ist, dass sich die Überlebensrate der Kaulquappen bis zur Metamorphose extrem erhöhte und das Längenwachstum und die Individualentwicklung schneller verliefen.

Als mögliche Artenförderungsmassnahme wären also Betonteiche mit einem Ablasssystem geeignet, die vor dem definitiven Auffüllen wenn möglich mehrmals ausgewaschen werden sollten.

Auch die zweite Vermutung, dass sich hohe Dichten an Kaulquappen, d.h. hohe Konkurrenz, negativ auf das Längenwachstum und die Entwicklungszeit der Tiere auswirken, wurde bestätigt. Die Kaulquappen in den Wannen mit hoher Dichte wiesen eine geringere Länge auf und entwickelten sich im Durchschnitt langsamer als diejenigen mit tiefer Konkurrenz, was sehr wahrscheinlich auf das geringere Nahrungsangebot pro Kaulquappe zurückzuführen ist. Die Überlebensrate lag jedoch bei tiefer und hoher Konkurrenz etwa gleich hoch, was bedeutet, dass die Kaulquappen in den Becken mit hoher Dichte trotz dem geringeren Nahrungsangebot genug Nahrung zum Überleben und sich weiterentwickeln hatten. Daraus ist zu schliessen, dass es von Vorteil wäre, für Kreuzkröten möglichst grosse Teiche mit geringer Tiefe anzulegen. Die geringe Wassertiefe würde eine relativ schnelle und starke Erwärmung des Wassers und damit eine schnelle Individualentwicklung der Kaulquappen ermöglichen [1; S. 137].

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Der Verlust an geeigneten Habitaten und Laichplätzen ist der Hauptgrund dafür, dass der Kreuzkrötenbestand in der Schweiz seit mehreren Jahrzehnten rückläufig ist [10; S. 7]. Heute befindet sich die Art auf der roten Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz und ist dort als stark gefährdet eingestuft [11; S. 28,29], weshalb Schutzmassnahmen zum Erhalt und zur Förderung der Kreuzkröte durchgeführt werden. Künstlich erstellte Gewässer sollen Kreuzkröten sowie anderen Amphibien als Laichstandorte dienen und somit deren Fortpflanzungsmöglichkeiten verbessern [12]. Der Standort für den Bau eines Gewässers wird je nach Art, die gefördert werden soll, verschieden gewählt. Zudem werden je nach dem, ob eine Art auf permanente, semi-permanente oder temporäre Gewässer angewiesen ist, Ablaufsysteme am Gewässergrund eingebaut. Die Kreuzkröte ist auf temporäre Gewässer angewiesen, weshalb

die für diese Art geeigneten künstlich erbauten Teiche ein Ablasssystem enthalten sollten. Durch dieses System kann das Gewässer periodisch trockengelegt werden, wodurch sich kaum Feinde wie zum Beispiel räuberische Insekten ansiedeln können [13].

Auch die Abdichtung der Gewässer ist nicht einheitlich. Gewässer zur Förderung der Kreuzkröte werden entweder mit Beton oder Teichfolie abgedichtet, da Teiche mit anderen Abdichtungen als temporäre Gewässer ungeeignet sind. Eine Betonabdichtung ist im Vergleich zu einer Folienabdichtung zwar teurer aber auch beständiger. Zudem weisen Betonabdichtungen den Vorteil auf, dass eine maschinelle Pflege der Teiche durchgeführt werden kann, ohne die Abdichtung zu beschädigen, was bei einer Folienabdichtung nicht der Fall ist. Bei beiden Abdichtungen lassen sich problemlos Ablasssysteme einbauen [14].

Neben dem Standort und der Abdichtung wird auch die Gewässergrösse und –tiefe verschieden gewählt [14]. Die Kreuzkröte bevorzugt als Laichstandort sehr flache Gewässer, die aufgrund der geringen Wassertiefe oftmals auch sehr klein sind. In solchen Kleingewässern herrscht dann jeweils eine grosse Kaulquappendichte und dadurch grosse Nahrungskonkurrenz zwischen den Kaulquappen. [1; S. 123]

2.2 Problemstellung

2.2.1 pH-Wert

Der pH-Wert sagt aus, ob ein Gewässer sauer oder basisch ist. Er ist der negative dekadische Logarithmus (Zehnerlogarithmus) der Wasserstoffionenaktivität [15].

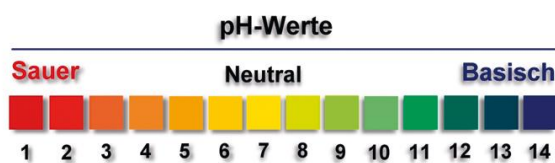


Abbildung 1: pH-Wert-Skala [16]

Die Kreuzkröte vermeidet es wenn möglich, in saure Gewässer zu laichen. Dies ist ein Indiz dafür, dass ein tiefer pH-Wert eine schädigende Wirkung haben könnte. In experimentellen Untersuchungen wurde bereits bewiesen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit von Kaulquappen in sauren Gewässern mit einem pH-Wert zwischen 4 und 6 langsamer als in neutralen Gewässern ist. Umgekehrt könnten auch basische Gewässer negative Auswirkungen auf die

Kaulquappen haben. Der höchste tolerable pH-Wert wurde jedoch noch nicht experimentell bestimmt [1; S.141-142].

Obwohl heute bekannt ist, dass Wasser in Verbindung mit Beton einen basischen pH-Wert besitzt [17; S. 1], werden Teiche für die Kreuzkröte wie bereits erwähnt teilweise mit einem Betonuntergrund abgedichtet. Der hohe pH-Wert des Betons kann sich daher auf den pH-Wert des Teichwassers auswirken und diesen erhöhen. Falls dies zutrifft, könnte der hohe pH-Wert negative Auswirkungen auf die Entwicklung des Laichs und der Kaulquappen der Kreuzkröte haben. Dies wurde jedoch bisher noch nicht wissenschaftlich getestet und soll mit diesen Untersuchungen herausgefunden werden. Um einem hohen pH-Wert und den dadurch möglichen negativen Effekten vorzubeugen oder solche zu verringern, werden Betonteiche zum Teil mit einem Ablasssystem gebaut. Dadurch können sie, bevor sie definitiv mit Wasser gefüllt werden, ausgewaschen werden, das heisst mit Wasser gefüllt und wieder entleert sowie geputzt werden. Dies soll bewirken, dass der pH-Wert auf einen erträglichen Wert sinkt [50]. Ob durch das Auswaschen des Teiches dieser Wert jedoch tatsächlich sinkt und wenn ja wie stark, ist noch unbekannt. Es könnte auch sein, dass der pH-Wert durch das Auswaschen zwar tatsächlich niedriger wird aber dennoch zu hoch ist, um keine negativen Auswirkungen auf die Kaulquappen zu haben. Ziel der Arbeit ist es, auch auf diese Fragen eine Antwort zu erhalten und daraus schliessen zu können, ob sich Betonteiche als Förderungsmassnahme für Kreuzkröten eignen.

2.2.2 Konkurrenz

Aufgrund der geringen Grösse eines Laichgewässers und der zum Teil hohen Anzahl an Eiern pro Gewässer kann die Nahrungskonkurrenz zwischen den Kaulquappen der Kreuzkröte gross sein, was sich durch ein langsames Wachstum mit einer entsprechend längeren Individualentwicklung oder einer erhöhten Mortalitätsrate zeigt [1; S. 127-128].

Ob sich schon bei zwei verschiedenen Dichten an Kaulquappen, die im Vergleich zu den Dichten pro Liter Wasser, die in Natur vorkommen, sehr wahrscheinlich jedoch beide relativ tief liegen, Unterschiede bezüglich der oben genannten Faktoren zeigen, wird in dieser Arbeit getestet. Daraus wird dann zu schliessen sein, ob es sinnvoll ist, kleine künstliche Gewässer für Kreuzkröten anzulegen oder ob dabei die Konkurrenz zwischen den Kaulquappen aufgrund der hohen Anzahl Eier pro Laichgewässer zu gross ist.

Es wurden bereits mehrere Experimente zum Thema Konkurrenz zwischen Kaulquappen der Kreuzkröte durchgeführt. Sinsch (1998) untersuchte anhand verschiedener Kaulquappendichten pro Liter Wasser, wie sich die unterschiedlichen Dichten auf die Differenzierungsgeschwindigkeit (Gosner-Stadien pro Tag) und die Körperlänge auswirken. Zudem führte er ein Experiment mit Kaulquappen der Kreuzkröte unter vier verschiedenen Umweltbedingungen durch um zu untersuchen, wie sich Nahrungsüberschuss, bzw. Nahrungsmangel und Konkurrenz, bzw. keine Konkurrenz auf das Längenwachstum und den Zeitpunkt der Metamorphose auswirken [1; S. 128-132].

2.3 Biologie der Kreuzkröte

2.3.1 Systematische Einteilung

Reich:	Tiere
Stamm:	Wirbeltiere (Vertebrata)
Klasse:	Amphibien (Amphibia)
Ordnung:	Froschlurche (Anura)
Unterordnung:	moderne Froschlurche (Neobatrachia)
Familie:	Kröten (Bufonidae)
Gattung:	Echte Kröten (Bufo)
Art:	Kreuzkröte (Bufo calamita)

[18]

2.3.2 Äusserliche Merkmale

Die Kreuzkröte ist die kleinste Art der Echten Kröten (Bufo). Die Körpergrösse der Weibchen reicht von 6–9 cm, jene der Männchen von 5–7 cm [18]. Die äusserliche Gestalt wird als gedrungen-rundlich mit kurzem Kopf und kurzen Beinen bezeichnet. Die Oberseite der Kreuzkröte ist meist oliv-braun marmoriert und deshalb gut getarnt. Teilweise weist sie jedoch auch eine einheitliche Färbung auf. Auffällig dabei ist die gelbliche Linie, die sich längs über den Rücken zieht. Diese ist bei fast allen Kreuzkröten vorhanden und gilt als typisches Erkennungsmerkmal. Die Bauchseite ist hellbeige gefärbt und trägt ein dunkles Fleckenmuster. Kreuzkröten besitzen horizontale Pupillen und eine gelb-grüne Iris. Die Hautoberfläche ist wie bei Kröten üblich trocken und warzig [19], wobei die Warzen oftmals eine rötliche Farbe

aufweisen. Wie schon erwähnt besitzt die Kreuzkröte kurze Beine, weshalb sie sich nicht hüpfend sondern mausartig krabbelnd fortbewegt. [1; S. 32, 35, 36]

2.3.3 Lebensraum

Die Kreuzkröte ist eine Pionierart, die offene Räume mit lockerem, grabbarem Boden wie beispielsweise Kies-, Sand- und Lehmgruben, Baustellen oder Deponien besiedelt. Die Art bevorzugt sonnige Standorte, da sich dadurch die Gewässer schneller und stärker erwärmen [20; S. 4]. Es werden nur Gewässer als Laichstandort gewählt, die sich in einem initialen Zustand befinden. Sobald das Gewässer verlandet, wird es nicht mehr genutzt [1; S. 69]. Standorte mit vorhandenen Holz- oder Steinhäufen sind für die Kreuzkröte geeignet, da sie gute Versteckmöglichkeiten bieten [20; S. 4].

2.3.4 Lebensweise

In Natur wird die Kreuzkröte 7-9 Jahre alt [21]. Kurz nach dem Erwachen der Kreuzkröte aus der Winterstarre beginnt die aktive Phase. Dies geschieht meist im März [18]. Die Kreuzkröte ist nachtaktiv und deshalb schwer zu beobachten. Diese Zeit verbringt sie vor allem mit der Futtersuche. Tagsüber hält sie sich versteckt [1; S. 79-80]. Die Kreuzkröte ist eine Pionierart und besiedelt vegetationslose bzw. -arme Gebiete. Anders als die meisten Amphibien brauchen Kreuzkröten keine Feuchtgebiete. Sie können Wasser in ihrer Blase speichern und sind deshalb auf keine häufige Flüssigkeitszufuhr angewiesen. Aus diesem Grund fühlt sich die Kreuzkröte auch in trockenen Gebieten wie beispielsweise Trockenrasen oder Sanddünen wohl [22].

Die aktive Phase der Kreuzkröte endet laut Sinsch (1998) zwischen September und Oktober [1; S. 120]. Bis dahin frisst sich die Kreuzkröte ein Fettpolster als Winterreserve an [1; S. 81]. Danach bereitet sie sich auf eine Winterstarre vor, indem sie sich in den Boden eingräbt, um vor Kälte geschützt den Winter zu überstehen [18].

2.3.5 Nahrung

Adulte Kreuzkröten sind reine Fleischfresser. Auf ihrem Speiseplan stehen hauptsächlich Ameisen, Käfer, Fliegen und andere Insekten sowie Tausendfüßer und Spinnen. Jungtiere ernähren sich hauptsächlich von Milben, kleinen Käfern und Fliegen [1; S.149-150]. Die Nahrung der Kaulquappen besteht aus organischen Stoffen wie Algen, Teilen anderer Wasserpflanzen, Mikroorganismen und abgestorbenem organischem Material [1; S. 124]. Falls späte-

rer Laich der eigenen Art im Gewässer vorhanden ist, dient auch dieser den Kaulquappen als Nahrung [23; S. 2].

2.3.6 Fortpflanzung und Entwicklung

Nach 2 bis 3 Jahren ist die Kreuzkröte fortpflanzungsfähig [1; S. 78]. Gemäss Sinsch (1998) erstreckt sich die Laichzeit im Vergleich zu anderen Krötenarten über eine lange Periode von Ende April bis Anfang August, weshalb die Kreuzkröte in seltenen Fällen bis zu 2 Mal jährlich laichen kann [1; S. 83, 85]. Während dieser Zeit sind die für die Art typischen, lauten Paarungsrufe der Männchen zu hören. Durch ein Aufblasen der Schallblase erzeugt das Männchen laute Töne und macht das Weibchen damit auf sich und ein in seiner Nähe befindendes Laichgewässer aufmerksam. [1; S. 41, 86]

Sobald sich ein Weibchen einem oder mehreren Männchen nähert, wird es sofort nach der Entdeckung angeschwommen. Die Dauer der Paarung variiert je nach Wassertemperatur zwischen 5 Stunden und einem Tag. Meist geschehen die Laichablage und die darauf folgende Befruchtung der Eier in der Nacht, es wurden jedoch auch schon tagsüber Laichablagen beobachtet [1; S.92-93].

Die Kreuzkröte laicht hauptsächlich in flache Kleinstgewässer, in denen kaum Fressfeinde vorkommen. Diese Gewässer erwärmen sich schnell und stark, was die Entwicklung der Eier und Kaulquappen beschleunigt. Diese haben sich an hohe Wassertemperaturen angepasst und sind resistenter als andere Arten [20; S. 4]. Jedoch besteht durch die geringe Grösse des Gewässers und die dadurch hohen Wassertemperaturen auch eine relativ hohe Austrocknungsgefahr, weshalb die Kaulquappen oft vorzeitig sterben [20; S. 4].

Die Kreuzkröte legt ihre Eier in ein- oder zweireihigen, perlenkettenartigen, ein bis zwei Meter langen Laichschnüren ab. Jede Laichschnur enthält zwischen 1'000 und 9'000 Eier. Die häufigste Anzahl an Eiern pro Laichschnur liegt jedoch zwischen 3'000 und 4'000. Die Laichschnüre werden entweder auf dem Gewässergrund abgelegt oder aber zwischen Wasserpflanzen aufgespannt [1; S. 25-26].

Die zu Beginn ca. 1-1.8 mm grossen Eier können je nach Temperatur schon in wenigen Tagen zu länglichen Embryonen heranwachsen, welche sich jedoch noch in der Gallertschicht befinden. Kurz darauf entwickeln sich aus den Eiern kleine freischwimmende Kaulquappen die eine Grösse von 6-8 mm aufweisen [1; S. 27-28]. Das jeweilige Entwicklungsstadium der Kaulquappen kann mithilfe von Tabellen bestimmt werden. Oft erfolgt dies mit Hilfe der Stadien nach Gosner (siehe Anhang 1). Die Entwicklung eines Eies bis hin zur adulten Kröte

wird in insgesamt 46 Stadien unterteilt. Äusserlich beginnt die Metamorphose bei Stadium 31 mit dem Erscheinen der Hinterbeine und ist mit dem Erreichen des Stadiums 46 nach Gosner abgeschlossen [25]. Mit diesem Zeitpunkt ist die Entwicklung der Kröte abgeschlossen, einzig die Grösse verändert sich noch [1; S. 31]. Während der Metamorphose verändert sich bei den Kaulquappen das Atmungssystem. Die Atmung durch Kiemen stellt auf eine Lungenatmung um, weshalb die Kaulquappen mit Beendigung der Metamorphose das Gewässer verlassen und ihr Leben an Land fortsetzen [26]. Die Kröte weist bei Stadium 46 eine Durchschnittslänge von 5-11 mm auf [1; S. 79]. Die Dauer der aquatischen Lebensphase hängt stark von der Temperatur des Gewässers ab und dauert zwischen 3 und 12 Wochen [1; S. 78, 137].

2.3.7 Feinde

Adulte Kreuzkröten werden vor allem von verschiedenen grösseren Vogelarten wie zum Beispiel dem Waldkauz bedroht. Deutlich mehr Feinde existieren für den Laich und die Kaulquappen. Für sie sind hauptsächlich Wasserinsekten wie beispielsweise Rückenschwimmer, Wasserskorpione und Gelbbrandkäferlarven sowie Fische gefährlich [27; S. 2]. Gefährdet wird der Laich zusätzlich von Kaulquappen anderer Amphibienarten, die sich schon länger im Laichgewässer befinden [1; S. 134].

2.3.8 Verbreitung

Zurzeit ist die Kreuzkröte ausschliesslich in Europa zu finden. Die Verbreitung erstreckt sich von der Iberischen Halbinsel im Südwesten Europas über Frankreich, Deutschland und Polen bis hin zum Baltikum und nach Weissrussland im Nordosten. Die Höhenverbreitung der Kreuzkröte variiert von Gebiet zu Gebiet stark. In wärmeren Gegenden kann ihr Habitat bis zu 2'400 m.ü.M. liegen, wobei es in kälteren Gebieten nur bis zu 100 m.ü.M. reicht [1; S. 57]. Allgemein ist die Verbreitung der Kreuzkröte tendenziell rückläufig, weshalb sich die Art in der Schweiz sowie in Deutschland und Österreich auf der roten Liste der gefährdeten Tierarten befindet [24].

2.3.9 Bestandessituation in der Schweiz

Das Hauptverbreitungsgebiet der Kreuzkröte in der Schweiz bezieht sich auf die nördliche Schweiz inklusive Teile der Alpennordseite. Am häufigsten kommt die Kreuzkröte in den Kantonen Bern, Freiburg, Zürich und Schaffhausen vor. Die Kreuzkröte lebt in der Schweiz

vor allem in tieferen Lagen zwischen 300 und 500 m.ü.M. Das schweizweit höchstgelegene Habitat befindet sich auf rund 915 m.ü.M. im Berner Jura [1; S. 69].

Der schweizerische Bestand an Kreuzkröten ist in den letzten 20 Jahren drastisch gesunken. Die Anzahl aller bekannten Vorkommen ist laut Sinsch (1998) im Grossraum Bern um ca. 58 % zurückgegangen [1; S. 187].

2.4 Gefährdung und Artenschutz

2.4.1 Gefährdung

In der Schweiz befindet sich die Kreuzkröte auf der roten Liste der gefährdeten Amphibienarten (2005) und ist dort als stark gefährdet eingestuft [10]. Grund dafür ist ein starker Rückgang der für die Kreuzkröte geeigneten Lebensräume. Früher besiedelte die Kreuzkröte vor allem Fluss- und Bachauen, welche eine hohe natürliche Dynamik aufweisen. Solche natürlichen Territorien sind zur heutigen Zeit aufgrund Gewässerkorrekturen und Hochwasserschutzmassnahmen nur noch sehr selten anzutreffen, weshalb die Art heute auf vom Menschen geschaffene Sekundärlebensräume wie beispielsweise Kies- und Sandgruben angewiesen ist. Diese werden aber oftmals zu stark genutzt, so dass kaum noch Gewässer für längere Zeit ungestört erhalten bleiben. Auch werden in diesen Abbaugeländen landwirtschaftliche Korrekturen wie beispielsweise das Auffüllen von Bodengruben vorgenommen, wobei Gewässer gar nicht erst entstehen können. Durch das sich erwärmende Klima werden die Frühlings- und Sommermonate immer trockener und heisser, was zusätzlich dazu führen kann, dass die Laichgewässer der Kreuzkröte zu früh austrocknen, wodurch sie ohne Fortpflanzungserfolg bleibt.

Ein weiteres Problem, unter dem die Art leidet, ist die Verlandung vieler Gewässer. Sobald ein Gewässer zu viel Vegetation aufweist, wird es von der Kreuzkröte nicht mehr genutzt [28].

2.4.2 Schutz- und Fördermassnahmen

Um Kreuzkröten zu schützen, müssen für sie geeignete Lebensräume erhalten bleiben sowie neue geschaffen werden. Als erstes Ziel gilt, die bereits vorhandenen und gut geeigneten Primär- sowie Sekundärhabitats zu sichern. Vor allem den wenigen noch vorhandenen Primärhabitats mit hohen natürlichen Dynamiken sollte spezieller Schutz geboten werden [1; S.194]

Zum Erhalt der Sekundärlebensräume sollten Pflegemassnahmen durchgeführt werden, die der Vorbeugung der Verlandung des Gebietes dienen. Zu solchen Massnahmen sollte zusätzlich die Verdichtung einiger Bodenstellen zählen, die zur Entstehung temporärer Gewässer beiträgt. Rekultivierung oder Renaturierung von Sekundärhabitaten ist für die Kreuzkröte im Vergleich zu anderen Arten, die dadurch geschützt werden würden, also sehr ungeeignet [1; S.194-195].

Als zusätzliche Massnahme zur Förderung der Art werden künstliche Teiche angelegt, die als Laichgewässer dienen sollen [29; S. 36,37]. In der Schweiz sorgen Organisationen wie beispielsweise die Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH) und kantonale Fachstellen für Naturschutz für solche Massnahmen.

Als Fernziel gilt, die verloren gegangene natürliche Dynamik ehemaliger Primärhabitats wie beispielsweise Flussauen zurückzugewinnen. Laut der KARCH kann die Kreuzkröte nur so langfristig und ohne zusätzliche Hilfe des Menschen überleben [30].

3 Material und Methode

3.1 Versuchsanordnung

Um mögliche negative Auswirkungen des Betons auf die Kaulquappen zu testen, wurden Kaulquappen von Kreuzkröten in Beton- und Plastikwannen aufgezogen und miteinander verglichen.

Falls in den Betonwannen tatsächlich negative Effekte auftreten, würde als Folgeexperiment der Beton der Wannens ausgeaschen und damit gereinigt und die Wannens neu aufgefüllt werden. Danach würde dasselbe Experiment mit ausgeaschenem Betonboden wiederholt werden.

Wie sich verschiedene Dichten an Kaulquappen pro Liter Wasser auf deren Überlebensrate und Individualentwicklung auswirken und ob schon bei unterschiedlichen, gegenüber der in der Natur vorkommenden eher tieferen Kaulquappendichten Unterschiede sichtbar werden, wurde mittels zweier Versuchsansätze mit unterschiedlichen Anzahlen an Kaulquappen pro Liter Wasser in Plastikwannen getestet.

3.2 Standort

Die Untersuchungen wurden im sogenannten Mettmoos im Aussenquartier Mett der Stadt Biel durchgeführt. In diesem öffentlich zugängigen Gebiet konnten bereits eine bestehende Kreuzkrötenpopulation sowie sechs weitere Amphibienarten nachgewiesen werden [31]. Das Gebiet ist offen, sonnenexponiert und befindet sich auf ca. 440 m.ü.M [32]. Es bietet für die Kreuzkröte geeignete Lebensbedingungen, weil es einige temporäre Kleingewässer aufweist. Da das Gebiet jedoch relativ naturbelassen ist, leiden die meisten dieser Gewässer an einer starken Verlandung. Dennoch gibt es Tümpel, die nicht so stark bewachsen sind und von der Kreuzkröte als Laichstandort gewählt werden. Zusätzlich zu den natürlichen Gewässern befinden sich im Mettmoos auch zwei künstlich angelegte Teiche mit zwei verschiedenen Arten von Abdichtungen. Zum einen wurde eine Betonabdichtung mit einem Folienuntergrund gewählt, zum anderen eine Kiesabdichtung mit einem Folienuntergrund. Beide Teiche enthalten ein Ablasssystem und werden jeweils im Winterhalbjahr entleert sowie geputzt [33]. Die Teiche wurden im Herbst 2013 angelegt und dienen hauptsächlich als zusätzliche Laichgewässer für die Kreuzkröte und andere Amphibienarten.

3.3 Materialien

- 18 Plastikwannen mit begitterten Abflusslöchern an den oberen Rändern
- Estrichbeton (Marke Precit)
- Plastikfolie
- Klebeband
- Plastikeimer
- Kleine Plastikbecken
- Küchensieb
- Schere
- 18 Latten aus unbehandeltem Fichtenholz
- Metallzaun
- Informationstafel
- Holzpfosten
- digitaler Wasserthermometer

- pH-Wert Messgerät pHep (Marke HANNA)
- Einrichtung zur Messung des Phosphatgehalts (Marke Quantofix)
- Destilliertes Wasser
- Petrischalen
- Millimeterpapier
- Tabelle mit den Entwicklungsstadien nach Gosner (siehe Anhang 1)
- Lupe
- Fotokamera

3.4 Vorgehen

Um das Experiment zu dieser Arbeit im Mettmoos durchführen zu können, war eine Bewilligung der Stadtgärtnerei Biel als Besitzerin dieses Gebietes notwendig. Sie wurde durch Markus Brentano, Leiter der Stadtgärtnerei Biel, mündlich erteilt.

Zusätzlich wurde eine Bewilligung des Amtes für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern (LANAT) benötigt, die es erlaubt, Laich der Kreuzkröte zu sammeln und Untersuchungen zum Artenschutz durchzuführen. Olivier Bessire, Mitarbeiter des LANAT, erteilte die schriftliche Bewilligung (siehe Anhang 2) und bestimmte zudem die Gewässer, aus denen Laich für die Durchführung der Experimente gesammelt werden durfte.

Um die Wirkung von Beton auf die Kaulquappen der Kreuzkröte zu testen, wurde der Boden von Plastikwannen mit den Massen 67x38x32 cm mit Estrichbeton der Marke Precit ausgegossen. Es wurde Estrichbeton gewählt, da dieser für die Verwendung im Innen- sowie Außenbereich geeignet und sehr witterungsbeständig ist [51]. Zudem besitzt Estrichbeton ein gutes Wasserrückhaltevermögen [34]. Im Beton könnten evtl. Zusatzmittel wie beispielsweise Schnellbinder oder ähnliches enthalten sein, welche für die Kreuzkröte schädlich sein könnten. Aus diesem Grund wurde der Hersteller des verwendeten Betons kontaktiert und um Auskunft gefragt. Laut der Herstellerfirma enthält Estrichbeton der Marke Precit höchstwahrscheinlich keine Zusatzmittel, die Kreuzkröten oder anderen Tieren schaden könnten. Ihrer Meinung nach sei der pH-Wert des Betons der einzige Faktor, der den Kaulquappen schaden könnte [52].

Damit der Beton nach Beendigung des Versuches wieder sauber entfernt werden konnte, ohne am Plastikuntergrund zu kleben, wurde jede Wanne jeweils vor dem Ausgiessen mit einer Plastikfolie ausgelegt.

Nach dem Austrocknen konnte die ca. 3 cm dicke Betonschicht aus der Wanne gehoben und von der Plastikfolie abgelöst werden. Danach wurde der Beton wieder auf den Boden der Becken gelegt. Die verwendeten Plastikbecken sind für Experimente mit Wassertieren geeignet, da sie jeweils mit Metallgitter bedeckte



Abbildung 2: Mit Beton ausgegossene Plastikwanne

Ablauflöcher an der oberen Seite der Seitenwände enthalten. Diese verhindern bei starkem Niederschlag das Überlaufen des Wassers und das Entweichen der Kaulquappen.

Die Wannens wurden durch Ursina Tobler, Mitarbeiterin der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH) zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden sechs mit Beton ausgegossene und zwölf Wannens ohne Betonuntergrund in den Boden versenkt. Das Eingraben sollte die Wannens vor Vandalismus schützen.

Die Wannens wurden jeweils nur zur Hälfte, das heisst 15-20 cm tief in den Boden eingegraben um sicherzustellen, dass nicht weitere Amphibien in den Becken laichen und damit sie für die Menschen noch sichtbar waren. Dadurch sollte die Gefahr eines Unfalls durch einen Sturz in eine Wanne vermindert werden. Ungefähr 40 Liter Wasser aus einem nahe gelegenen Kiesteich wurden mithilfe eines grossen Plastikimers in jedes Becken gefüllt. Wie bei den Untersuchungen von Sinsch (1998) [1; S. 127], wurden in jede



Abbildung 3: Anordnung der Plastikwannens

Wanne fünf Stück Kaninchenpellets als Nährstoffgrundlage und zur Förderung des Algenwachstums gelegt [50]. Weiter wurden in jedes Becken 30 Steine aus dem Kiesteich gelegt. Diese waren bereits mit Algen bewachsen, die den Kaulquappen in erster Zeit als Nahrungsquelle dienten. Zusätzlich konnten die Steine als Versteckmöglichkeiten genutzt werden [50]. Die Wannens wurden eine Woche stehen gelassen, damit sich die Kaninchenpellets auflösen

und bereits Algen heranwachsen konnten, die später den Kaulquappen als Nahrung dienen sollten. Nach einer Woche wurde mithilfe eines Küchensiebs und eines kleinen Plastikgefäßes Laich von einem natürlichen kleinen Tümpel gesammelt und zu den Plastikbecken transportiert. Die Laichschnur konnte jeweils mit einer Schere getrennt werden, ohne die einzelnen Eier zu verletzen. In jedes mit Beton ausgegossene Plastikbecken wurden 15 Eier eingesetzt. Zusätzlich wurden ebenfalls je 15 Eier in sechs weitere Plastikbecken mit tiefer Dichte an Kaulquappen gelegt. In die restlichen sechs Wannens wurden jeweils 30 Eier eingesetzt. Die Anzahl Laich pro Liter Wasser wurde mit der ungefähr gleichen Anzahl Laich, die Richard A. Griffiths in seinem Experiment mit Kreuzkröten gebraucht hat, gleichgestellt [2].

Die drei unterschiedlichen Typen von Wannens - Betonboden, Plastikboden mit tiefer und Plastikboden mit hoher Kaulquappendichte - wurden abwechselungsweise in dieser Reihenfolge angeordnet und versenkt. Durch diese Anordnung konnte sichergestellt werden, dass die drei verschiedenen Typen von Wannens denselben Umweltbedingungen (z.B. Sonneneinstrahlung) ausgesetzt waren.

Schon zu Beginn des Experiments wurde in jedes der 18 Becken je eine Latte aus unbehandeltem Fichtenholz gelegt, die später den adulten Kröten als Ausstiegshilfe dienen sollte. Auch wurden die Wannens mit einem Metallzaun gedeckt, um die Kaulquappen vor möglichen Feinden zu schützen und Hunde davon abzuhalten, aus den Wasserbecken zu trinken. Am Standort wurden die Besucher mit einer an einem Holzpfeiler befestigten Informationstafel orientiert.

Nach dem Einsetzen der Eier in die Becken wurden zweimal wöchentlich zu unterschiedlichen Tageszeiten Messungen durchgeführt. Die Wassertemperatur wurde mittels digitalem Thermometer gemessen,

wodurch eine allfällige Korrelation zwischen der Entwicklungszeit bzw. dem Längenwachstum und der Wassertemperatur nachgewiesen werden könnte.

Der pH-Wert des Wassers wurde jeweils mit einem digitalen pH-Wert Messgerät pHep der Marke HANNA gemessen. Vor jeder neuen Messung wurde das Messgerät mit destilliertem Wasser abgespült.



Abbildung 4: Anordnung der Plastikwannens

Neben diesen zwei Parametern wurde zusätzlich der Phosphatgehalt des Wassers mithilfe von Messeinrichtungen der Marke Quantofix ermittelt. Da diese Messung jedoch relativ aufwendig ist, wurde sie nur einmal wöchentlich durchgeführt. Der pH-Wert und der Phosphatgehalt wurden zusätzlich in einem nahe gelegenen Kies- sowie in Betonteich gemessen.

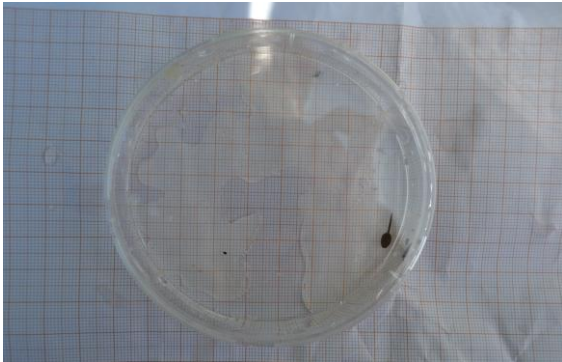


Abbildung 5: Messung einer Kaulquappe

Zur Messung der Kaulquappen in den verschiedenen Wannen wurden jeweils aus jeder einzelnen Wanne nach Zufallsprinzip 10 Kaulquappen entnommen und in ein kleines Gefäss gelegt. Die Kaulquappen wurden, sofern sie noch keine Hinterbeine aufwiesen, nur auf Körperlänge gemessen. Um diese zu bestimmen, wurde jedes der 10 Tiere in eine mit Wasser gefüllte Petrischale gelegt, welche dann über ein Millimeter-

papier gehalten wurde. Somit konnte die Grösse jeder Kaulquappe von der Schwanzspitze bis zum Ende des Kopfes bis auf einen Millimeter genau bestimmt werden. Anschliessend wurde der Mittelwert der Länge aller Kaulquappen pro Wanne berechnet. Da die Grösse der Kaulquappen ab einem gewissen Entwicklungsstand (Gosnerstadium 41) durch die Rückbildung des Schwanzes wieder abnimmt [25], wurde nach dem Erreichen dieses Stadiums auf das Messen der Körperlänge verzichtet. Mit dem Beginn der Metamorphose, das heisst der Erscheinung des hinteren Beinpaars [35], wurde zusätzlich zur Körperlänge mithilfe von Abbildungen (siehe Anhang 1) auch das Entwicklungsstadium nach Gosner bestimmt.

Da das Wasser in den Betonwannen durch den verwendeten Beton basisch wurde und sich dadurch negative Auswirkungen auf die Kaulquappen zeigten, wurde das Experiment mit ausgewaschenem Beton wiederholt. Dazu wurden die Wannen mit Betonuntergrund entleert, der Beton mit einem Gartenschlauch gründlich abgespritzt und danach die Becken mit Wasser aus dem Kiesteich neu gefüllt. Das Folgeexperiment wurde, verglichen mit dem ersten Experiment in den Betonwannen, mit leicht veränderten Bedingungen durchgeführt. Anders war beim Folgeexperiment, dass die Wannen nach dem Auffüllen mit Wasser und vor dem Einsetzen des Laichs nicht eine Woche, sondern nur 2 Tage stehen gelassen wurden. Dies war nicht anders möglich, da sich zum Zeitpunkt des Auffüllens der Becken mit Wasser bereits Laich in einem kleinen Tümpel befand, der sich nach einer Woche sehr wahrscheinlich bereits zu Kaulquappen weiterentwickelt hätte. Als weiterer Unterschied wurden im Folgeexperiment nur fünf Wannen verwendet. Auch dies war nicht anders möglich, da sich zu Beginn des Ex-

periments in einer Betonwanne noch eine Kaulquappe befand, die Wanne aus diesem Grund nicht geleert werden konnte und somit nur fünf Wannen zur Verfügung standen. Natürlich handelte es sich auch um einen anderen Laich, der mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nicht von der gleichen Kreuzkröte stammte. Ansonsten wurde das Experiment gleich wie beim ersten Ansatz durchgeführt.

4 Resultate

4.1 Wassertemperatur

Die Wassertemperatur variierte deshalb von Messung zu Messung stark. Die Temperatur zwischen den Wannen mit Betonuntergrund, mit Plastikuntergrund mit tiefer sowie hoher Dichte an Kaulquappen unterschied sich dabei kaum.

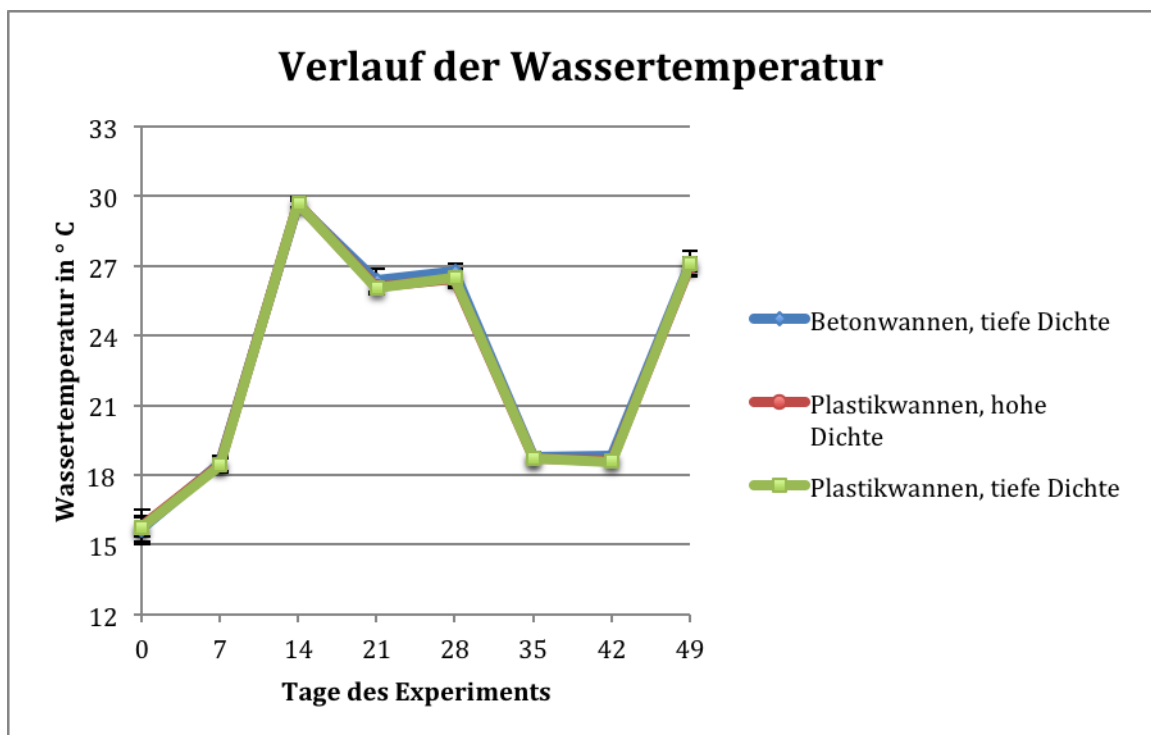


Diagramm 1: Verlauf der Wassertemperatur

Wie im Diagramm 1 sichtbar waren alle Becken bei der jeweiligen Messung praktisch gleich warm. Aus diesem Grund liegen die Linien der Temperaturentwicklungen in den Beton- und Plastikwannen mit hoher Dichte an Kaulquappen (blaue und rote Linie) meist genau unter der grünen Linie der Plastikwannen mit tiefer Dichte und sind deshalb im Diagramm 1 nicht

sichtbar. Da die Unterschiede der Wassertemperatur derselben Wannentypen sehr klein waren, sind auch die Standardabweichungen minim und meist gar nicht sichtbar.

4.2 pH-Wert

4.2.1 Wannen mit Betonuntergrund

Bereits bei der zweiten Messung, die beim Einsetzen des Laichs durchgeführt wurde, lag der pH-Wert in den Wannen mit Betonuntergrund bei durchschnittlich 10.1. Somit stieg der beim Füllen der Wannen noch bei 8.1 liegende pH-Wert des Wassers aus dem Kiesteich um zwei Werte. Danach nahm der pH-Wert tendenziell wieder ab, lag jedoch bis zum Schluss des Experiments im deutlich basischen Bereich.

4.2.2 Wannen mit Plastikuntergrund

Wie auf dem Diagramm 2 sichtbar hat sich der pH-Wert in den Plastikwannen anfangs tendenziell erhöht, blieb dann aber nach 5 Wochen und bis zum Ende des Experiments relativ konstant. Einzelne Plastikwannen ohne Betonuntergrund wiesen bei wenigen Messungen einen pH-Wert von 9,0 auf.

4.2.3 Vergleich der pH-Werte

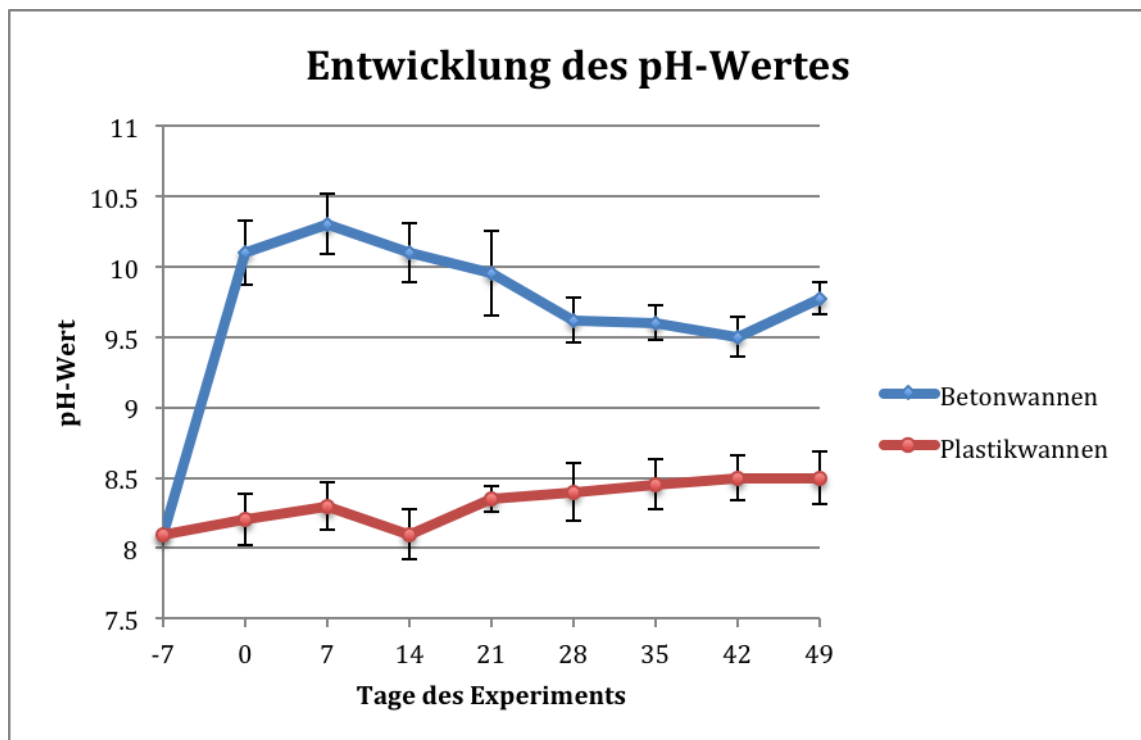


Diagramm 2: Entwicklung des pH-Wertes

Die erste Messung des pH-Wertes erfolgte bereits sieben Tage vor dem Einsetzen des Laichs in die Becken. Obwohl das Experiment in den Plastikwannen ohne Betonboden am Tag 49 noch nicht beendet war, wird im Diagramm 2 nur die Entwicklung bis zu diesem Zeitpunkt gezeigt. Danach wurden die Wannen mit Betonboden entfernt und ausgewaschen. Die im Diagramm 2 dargestellten Werte wurden mit der jeweiligen Standardabweichung ergänzt, welche durch schwarze, vertikal verlaufende Striche dargestellt ist.

Im Vergleich zu den Plastikwannen war der pH-Wert in den Wannen mit Betonboden immer deutlich erhöht. Vor allem zum Zeitpunkt, als der Laich in die Wannen eingesetzt wurde, lag er beträchtlich höher. Obwohl der pH-Wert in den Betonwannen ab der zweiten Woche wieder sank, während er in den Plastikwannen leicht anstieg, lag er in den Wannen mit Beton bis zum Tag 49 deutlich höher. Anhand der Standardabweichungen lässt sich erkennen, dass sich die einzelnen Werte in den Plastik- und Betonwannen voneinander unterscheiden.

4.2.4 Künstliche Teiche

Der pH-Wert des im Kapitel 3.4 erwähnten Betonteichs lag mit Ausnahme einer Messung, die nach einem sehr starken Regenfall durchgeführt wurde, immer deutlich höher als im nebenanliegenden Kiesteich und in den Plastikwannen ohne Betonuntergrund. Der über die gesamte Untersuchung hinweg bei durchschnittlich 9.2 liegende Wert war meist tiefer als der durchschnittliche pH-Wert der Betonbecken, jedoch trotzdem deutlich im basischen Bereich.

Im künstlichen Kiesteich lag der pH-Wert bei durchschnittlich 8.1 und variierte im Verlauf der Experimente nicht stark. Im Vergleich mit dem durchschnittlichen pH-Wert von 8.3 in den Wannen mit Plastikuntergrund liegt dieser Wert leicht tiefer.

4.3 Phosphatgehalt

Zwischen den Wannen mit und ohne Betonuntergrund waren keine Unterschiede des Phosphatgehalts erkennbar. Der Phosphatgehalt wurde jedoch nur gemessen sofern er sich im Milligramm Bereich, das heißt mindestens 1 mg pro Liter Wasser, befand.

Auch bezüglich des Phosphatgehalts zwischen dem Betonteich und dem Kiesteich, sowie zwischen den Teichen und den Becken konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

4.4 Überlebensrate

Die Überlebensrate der Kaulquappen konnte nur bis zum Beginn der Metamorphose (Gosnerstadium 31) bestimmt werden. Die Anzahl Kaulquappen, welche die Metamorphose überlebten und sich zu Kröten entwickelten, konnte nicht genau bestimmt werden, da die Kröten nach Beendigung der Metamorphose (Gosnerstadium 46) mithilfe des Ausstiegs selbst aus dem Gewässer entweichen konnten. Es war also nicht möglich zu erkennen, ob eine tiefere Anzahl an Kaulquappen durch den Tod von Tieren entstand, oder ob die Kröten selbst aus dem Becken entwichen.

4.4.1 Wannen mit Betonuntergrund

Bereits nach einer Woche waren in den Betonbecken nahezu alle Eier bzw. Kaulquappen gestorben. Ob diese schon oder als Laich als freischwimmende Kaulquappen gestorben sind, konnte nicht bestimmt werden. Von ursprünglich 90 Eiern überlebten insgesamt nur 6 Kaulquappen, verteilt auf drei Wannen, die erste Woche. Die Mortalitätsrate lag dabei bei 93.3 %. Nach zwei Wochen lebten nur noch je Kaulquappen in zwei Wannen, nach 17 Tagen noch drei und nach drei Wochen nur noch zwei Kaulquappen, alleine in je einer Betonwanne. Ein Tier starb in der vierten Woche noch vor Beginn der Metamorphose. Die einzige überlebende Kaulquappe in einer Betonwanne überlebte 60 Tage, bis auch sie vor Beendigung der Metamorphose starb. Letztlich überlebte keine einzige Kaulquappe in den Betonwannen.

4.4.2 Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen

Von den insgesamt 84 und pro Becken durchschnittlich 14 Kaulquappen, die nach sieben Tagen gezählt wurden, überlebten mit einer Ausnahme alle bis zum Zeitpunkt, bei dem die erste der zehn gemessenen Kaulquappen mit der Metamorphose begann (Stadium 31 nach Gosner). Die Überlebensrate bis zu Beginn der Metamorphose war also sehr hoch.

Nach 46 Tagen befanden sich in einem Becken mit tiefer Kaulquappendichte erstmals keine Kaulquappen mehr, nach 74 Tagen waren alle Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen leer.

4.4.3 Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen

Von den insgesamt 170 und pro Becken durchschnittlich 28.3 Kaulquappen, die nach sieben Tagen gezählt wurden, überlebten insgesamt 167 Tiere bis zum Zeitpunkt, bei dem die erste der zehn gemessenen Kaulquappen mit der Metamorphose begann (Stadium 31 nach Gosner). Es starben also nur sehr wenige Kaulquappen bis zu Beginn der Metamorphose.

Im Vergleich zu den Wannen mit tiefer Kaulquappendichte ging es mit 70 Tagen deutlich länger, bis das erste Becken keine Kaulquappen mehr enthielt. Bis zum Ende des Experiments (Tag 95) konnten noch insgesamt 5 Kaulquappen in 2 Wannen mit hoher Dichte gezählt werden (siehe Anhang 5), die sich jedoch schon seit einer gewissen Zeit nicht mehr weiterentwickelt hatten (siehe Anhang 12). Diese Tiere wurden nach Beendigung des Experiments in einem nahe gelegenen Weiher ausgesetzt.

4.4.4 Vergleich der Überlebensrate

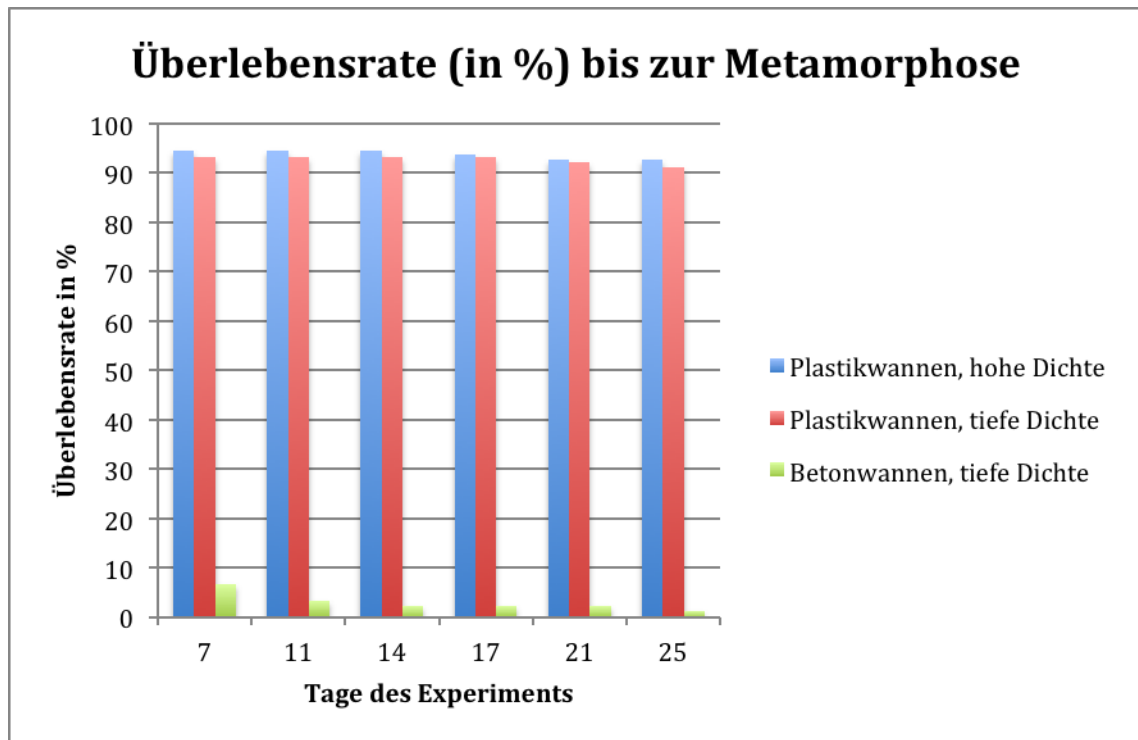


Diagramm 3: Überlebensrate (in %) bis zur Metamorphose (Stadium 31 nach Gosner)

Die Überlebensrate bis zu Beginn der Metamorphose war in allen Plastikwannen ohne Beton sehr hoch. In den Plastikbecken mit hoher Kaulquappendichte lag die Überlebensrate mit 92.8 % im Vergleich zu derjenigen in den Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen von 91.1 % gering höher.

Auffallend ist vor allem die extrem tiefe Überlebensrate der Kaulquappen in den Betonwannen. Schon nach einer Woche lebten in den Betonwannen nur noch 6.67 % aller Kaulquappen. Während die Überlebensrate aller Wannen ohne Betonboden bis zur Metamorphose relativ konstant hoch blieb, sank diejenige in den Betonwannen bis zum Tag 25 des Experiments stetig. Zu Beginn der Metamorphose lebte in den Wannen mit Betonuntergrund nur noch eine Kaulquappe, was einer Überlebensrate bis zur Metamorphose von gerade mal 1.1 % entspricht.

4.5 Längenwachstum

4.5.1 Wannen mit Betonuntergrund

Die wenigen, bis zu Tag 25 der Untersuchungen überlebenden Kaulquappen wuchsen kontinuierlich. Die ab Tag 25 einzige überlebende Kaulquappe wuchs bis zum Tag 35 gleichmässig weiter. Der Unterschied bezüglich der Länge der Kaulquappen in den zwei Becken betrug bis zu Tag 21, an dem die zweitletzte Kaulquappe starb, 0.1-0.2 cm.

4.5.2 Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen

Die Kaulquappen in den Wannen mit tiefer Dichte wuchsen bis zum Tag 32 des Experiments stetig an. Danach verlangsamte sich das Wachstum und die Länge blieb teilweise während bis zu zwei Wochen ungefähr gleich (siehe Anhang 9). Die maximale Länge der Kaulquappen lag im Durchschnitt bei 2.6 cm und wurde nach durchschnittlich 39.8 Tagen erreicht.

Die Durchschnittslängen in den sechs Wannen mit tiefer Dichte waren nach einer Woche gleich. Im weiteren Verlauf des Experiments bildeten sich Differenzen der durchschnittlichen Länge der Tiere in den Wannen von ca. 0.2-0.3 cm, vereinzelt jedoch auch bis zu 0.6 cm.

4.5.3 Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen

Die durchschnittliche Länge der Kaulquappen stieg in jedem Becken mit hoher Dichte an Kaulquappen bis zum Tag 32 des Experiments kontinuierlich an. Von diesem Zeitpunkt an wuchsen die Kaulquappen langsamer, weshalb die durchschnittliche Länge in den einzelnen Becken nicht mehr immer von Messung zu Messung anstieg (siehe Anhang 9). Die durchschnittlich höchste erreichte Länge der Kaulquappen lag bei 2.5 cm und wurde im Durchschnitt nach 63.3 Tagen erreicht.

Nach sieben Tagen war die durchschnittliche Länge der Kaulquappen in den sechs Becken mit hoher Kaulquappendichte gleich gross. Danach konnten Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Längen der Kaulquappen in den einzelnen Wannen mit hoher Dichte festgestellt werden, die während des gesamten Experiments bei meistens bei 0.1-0.2 cm lagen. Ein grösserer Längenunterschied von 0.4 cm zwischen der Durchschnittslänge der Kaulquappen zweier Wannen trat nur bei der Messung nach 17 Tagen auf (siehe Anhang 9).

4.5.4 Vergleich des Längenwachstums

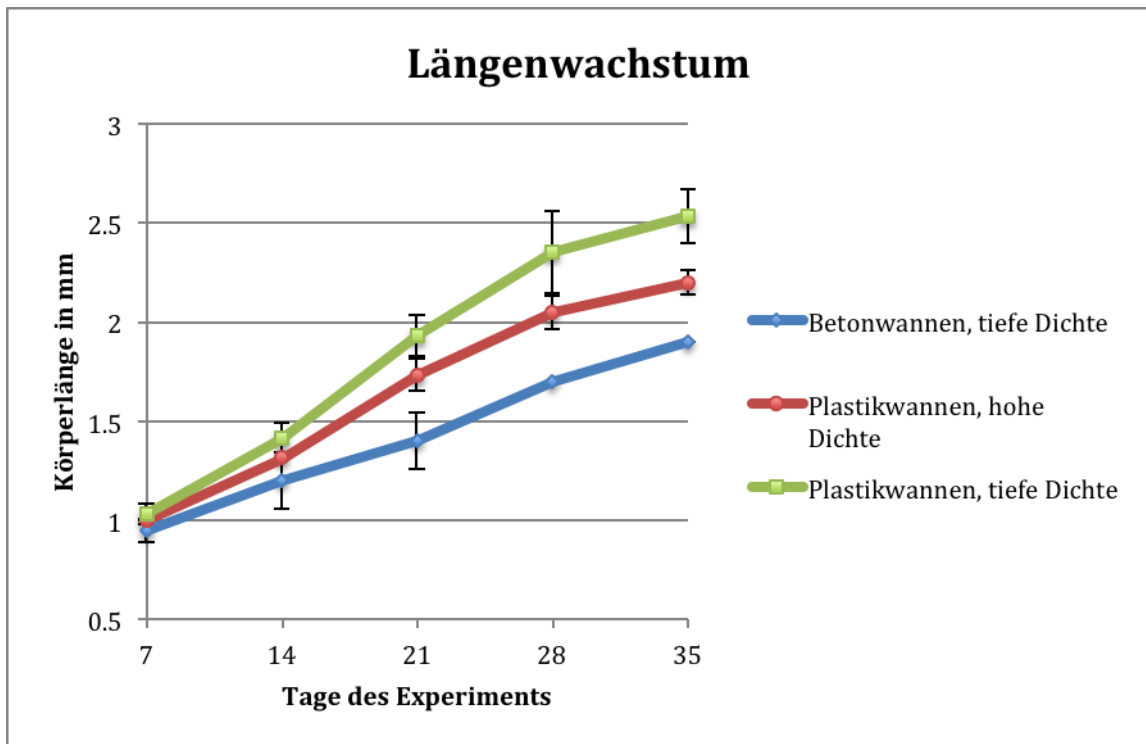


Diagramm 4: Entwicklung der Körperlänge

Im Diagramm 4 ist die Entwicklung der durchschnittlichen Längen der gemessenen Kaulquappen in den verschiedenen Becken dargestellt. Da ab dem 28. Tag in den Betonwannen nur ein Tier überlebte, konnte keine Standardabweichung angegeben werden. Im Diagramm 4 wurde die Länge nur bis zum Tag 35 des Experiments angegeben, da ab diesem Zeitpunkt bei vielen Kaulquappen die Rückbildung des Schwanzes einsetzte.

Obwohl in der ersten Woche alle überlebenden Kaulquappen ungefähr die gleiche Länge aufwiesen, zeigten sich schon nach zwei Wochen deutliche Grössenunterschiede in den Wannen mit Beton- und ohne Betonuntergrund. In den Betonbecken waren die Kaulquappen bei jeder Messung durchschnittlich kleiner als in allen Plastikbecken. Da sich ab Tag 28 nur noch eine einzelne Kaulquappe in einer Betonwanne befand, konnten für diese Werte keine Standardabweichungen angegeben werden.

Auffallend während dem ganzen Experiment war, dass die durchschnittliche Länge der Kaulquappen in den Becken mit tiefer Dichte grösser war als diejenige der Kaulquappen in den Becken mit hoher Dichte. Schon eine Woche nach dem Einsetzen des Laichs konnten Unterschiede bezüglich der Länge der Kaulquappen festgestellt werden. Die Kaulquappen in den Becken mit hoher Dichte wuchsen allgemein weniger schnell und erreichten eine geringere Maximallänge als die Kaulquappen in den Becken mit tiefer Dichte. Die durchschnittlichen

Längen der Kaulquappen in den Becken mit tiefer Dichte unterschieden sich jeweils stärker voneinander als die Längen der Kaulquappen in den Becken mit hoher Dichte. Dies ist im Diagramm 4 am Vergleich der Standardabweichungen der Werte in den Becken mit tiefer und hoher Dichte zu erkennen.



Abbildung 6: Grössenvergleich zweier Kreuzkröten in gleichem Entwicklungsstadium (Stadium 45 nach Gosner); links: Kreuzkröte mit tiefer Konkurrenz während der Individualentwicklung, rechts: Kreuzkröte mit hoher Konkurrenz während der Individualentwicklung

Obwohl die Länge der Kaulquappen nach Erreichen des Stadiums 41 nach Gosner nicht mehr gemessen wurde, waren die Tiere in den Becken mit tiefer Kaulquappendichte nach Beendigung der Metamorphose rein optisch durchschnittlich grösser als jene der Wannen mit hoher Dichte. In den Wannen mit Betonuntergrund war die Grösse der Kaulquappen nach der Metamorphose nicht zu erkennen, da kein Tier die Metamorphose abschliessen konnte.

4.6 Entwicklungszeit

Aufgrund der geringen Grösse der Kaulquappen konnte das Entwicklungsstadium nach Gosner bis zum Zeitpunkt des Erscheinens der Hinterbeine nicht ermittelt werden. Auch mit Lupe oder Binokular war es nicht möglich, das Entwicklungsstadium zu bestimmen, da sich die Kaulquappen viel zu schnell bewegten und dadurch immer wieder aus dem Gesichtsfeld des Binokulars verschwanden. Erst mit dem Erscheinen des hinteren Beinpaars konnte zusätzlich zur Grösse das Entwicklungsstadium nach Gosner bestimmt werden. Die Entwicklungsstadien 31 bis 37 konnten jeweils gut unterschieden werden. Die Stadien 38-40 waren jedoch nicht zu unterscheiden, weshalb jeweils notiert wurde, dass sich die Kaulquappe zwischen

dem 38. und 40. Stadium befand. Zusätzlich konnten auch die Stadien 43-44 nicht unterschieden werden. Ansonsten waren die einzelnen Stadien unterscheidbar.

Die Metamorphose begann nicht bei allen zehn jeweils gemessenen Kaulquappen pro Wanne zum gleichen Zeitpunkt, weshalb zu Beginn der Metamorphose der frühest entwickelten Kaulquappen nur deren Entwicklungsstadium und nicht das durchschnittliche Entwicklungsstadium aller gemessenen Kaulquappen ermittelt werden konnte. Es wurde jeweils das maximale durchschnittliche Entwicklungsstadium ausgerechnet, indem für die sich noch nicht in der Metamorphose befindenden Kaulquappen das Stadium 30 nach Gosner (maximales Stadium vor Beginn der Metamorphose) gewählt wurde (siehe Anhang).

4.6.1 Wannen mit Betonuntergrund

In den Wannen mit Betonboden überlebte nur eine Kaulquappe bis zum Beginn der Metamorphose, weshalb nur bei dieser das jeweilige Entwicklungsstadium festgestellt werden konnte. Nach 35 Tagen begann setzte deren Metamorphose ein. Bei der letzten Messung (nach 56 Tagen) befand sie sich im Stadium 37 nach Gosner.

4.6.2 Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen

In den Wannen mit tiefer Dichte gab es jeweils grosse Unterschiede zwischen den Entwicklungsstadien der zehn gemessenen Tiere pro Wanne, aber auch zwischen den durchschnittlichen Stadien der Kaulquappen in den Wannen desselben Typs. Die Metamorphose begann bei den ersten Kaulquappen in den Wannen mit tiefer Dichte nach 21 Tagen (siehe Anhang 12). Bis zum Tag 32 entwickelten sich die Kaulquappen durchschnittlich sehr schnell und wiesen zu diesem Zeitpunkt ein durchschnittliches Stadium nach Gosner von 39.36 auf. Danach verlief die Individualentwicklung langsamer.

4.6.3 Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen

Es gab auch in den Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen jeweils grosse Unterschiede bezüglich des Entwicklungsstandes der einzelnen Kaulquappen in den gleichen Wannen, sowie auch im Vergleich zu den anderen Wannen mit hoher Dichte.

Die Metamorphose wurde von den ersten Kaulquappen nach 25 Tagen und somit 4 Tage später als bei den Kaulquappen in den Wannen mit tiefer Kaulquappendichte erreicht.

Der Durchschnitt der Kaulquappen entwickelte sich bis zum Tag 42 relativ schnell, danach langsamer und blieb teilweise während mehreren Messungen ohne Entwicklungsfortschritt (siehe Anhang 12).

Das Entwicklungsstadium der Tiere unterschied sich deutlich vom Entwicklungsstadium der Kaulquappen mit tiefer Konkurrenz.

4.6.4 Vergleich der Entwicklungszeiten

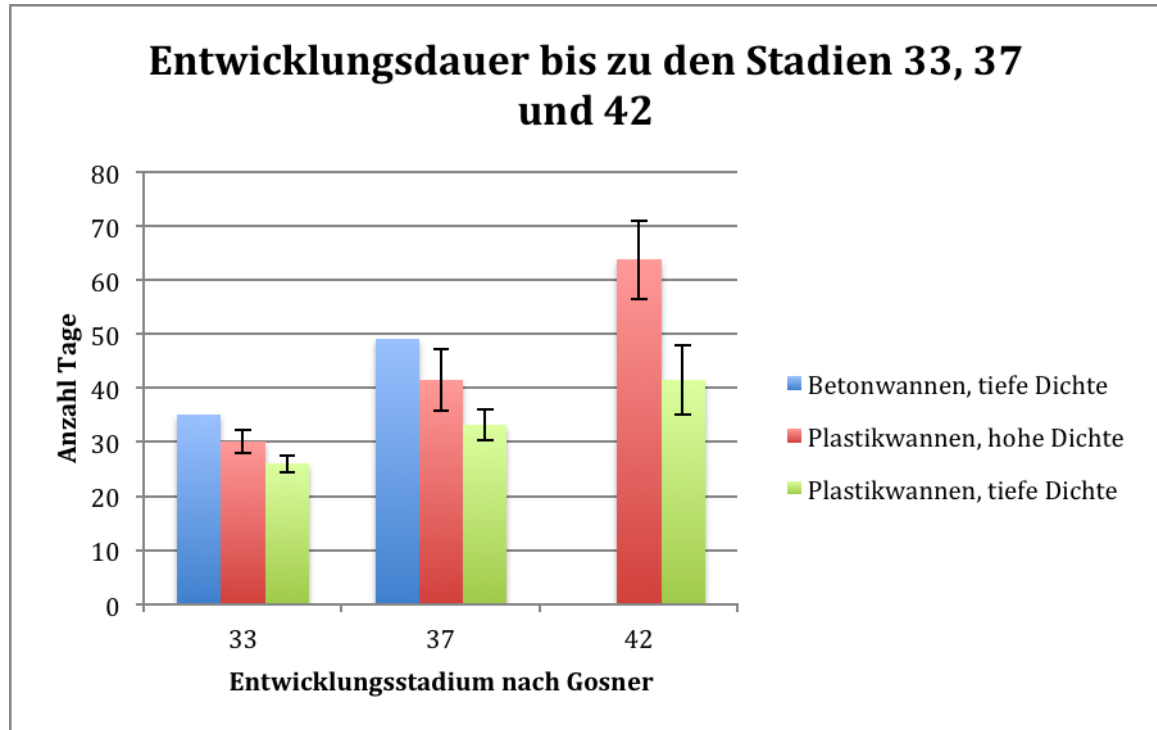


Diagramm 5: Entwicklungsdauer (in Tagen) bis zu den Stadien 33, 37 und 42 nach Gosner

Im Diagramm 5 ist die Entwicklungszeit in Tagen abgebildet, welche die Kaulquappen in den Becken mit Beton, mit hoher sowie mit tiefer Dichte gebraucht haben, um sich bis zu den Stadien 33, 37 und 42 zu entwickeln. Um dies auszurechnen wurde zuerst das Durchschnittsstadium der 10 gemessenen Kaulquappen jeder Wanne berechnet. Für jede Messung wurden diese Durchschnittswerte aller Betonwannen, aller Wannen mit hoher und aller Wannen mit tiefer Kaulquappendichte zusammengetragen und abermals der Mittelwert der Stadien bestimmt. Daraus konnte dann abgelesen werden, zu welcher Zeit sich der Durchschnitt der Kaulquappen in den Betonwannen, der Wannen mit hoher und der Wannen mit tiefer Dichte an Kaulquappen in welchem Stadium befand.

Die Entwicklung der Kaulquappen in den Becken mit tiefer Dichte verlief deutlich schneller als in den Becken mit Beton sowie in den Becken mit hoher Dichte, weshalb sich die Kaulquappen mit tiefer Konkurrenz bereits nach 26 Tagen im Stadium 33 befanden, was bei den Tieren mit hoher Konkurrenz erst bei 30 Tagen der Fall war. Bei den Wannen mit Beton ist anzumerken, dass die angegebenen Werte nicht aussagekräftig sind, da der Wert von einer einzigen überlebenden Kaulquappe stammt. Aus diesem Grund ist bei den Werten der Beton-

wannen keine Standardabweichung angegeben. Die Entwicklung der Kaulquappe in der Betonwanne verlief noch deutlich langsamer als die Entwicklung der Kaulquappen mit hoher Konkurrenz. Dass die Entwicklungszeit bis zu Stadium 42 in den Betonwannen nicht angegeben ist, kommt davon, dass die einzelne Kaulquappe nur bis Stadium 37 überlebte.

Als durchschnittliches Entwicklungsstadium konnte das Stadium 42 nicht in allen Wannen erreicht werden (siehe Anhang 12). Dies kommt davon, dass sich die meisten Kaulquappen bei einer Messung noch nicht im Stadium 42 befanden, sich jedoch bis zur nächsten Messung relativ schnell entwickelten und sehr wahrscheinlich selbst aus dem Becken kletterten. Im Diagramm 5 wurde für die Entwicklungsdauer bis zum Stadium 42 also nur der Mittelwert der benötigten Tage jener Wannen berechnet, in denen die Tiere das durchschnittliche Stadium erreichten (siehe Anhang 12).

4.7 Vergleich des Folgeexperiments mit den Resultaten der ersten Versuchsserie

4.7.1 Wassertemperatur

Die Wassertemperatur in den ausgewaschenen Betonbecken variierte ziemlich stark. Zwischen den einzelnen Wannen gab es nur kleine Unterschiede.

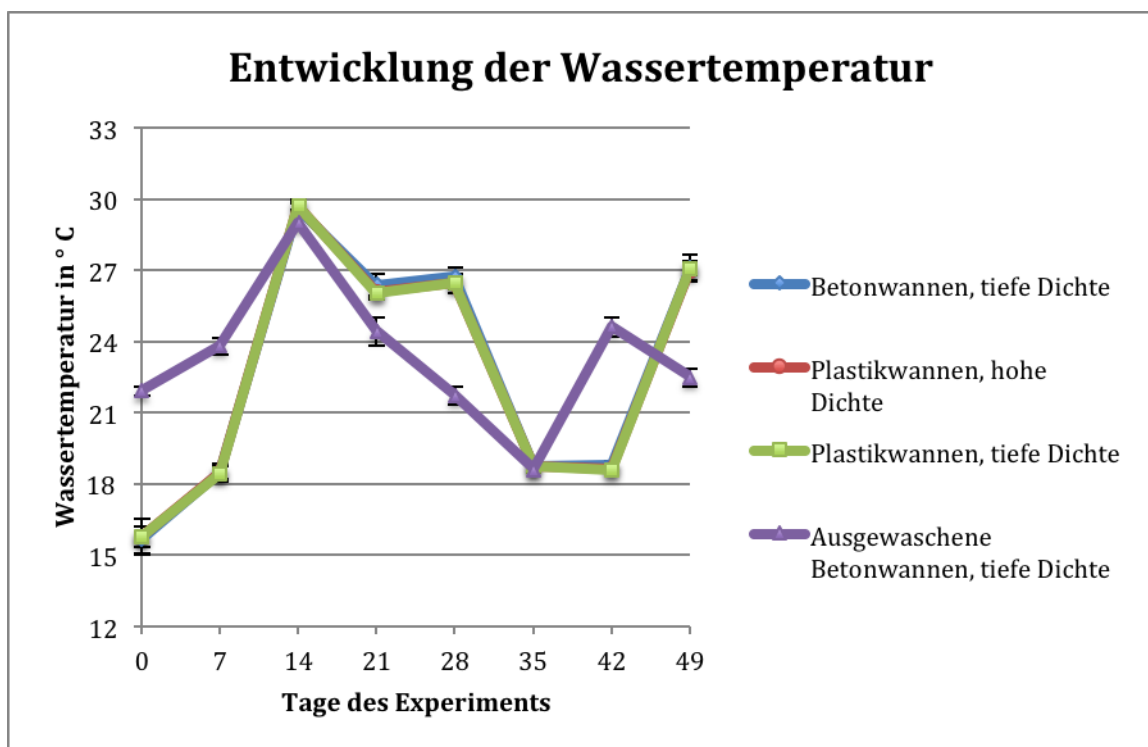


Diagramm 6: Entwicklung der Wassertemperatur

Im Diagramm 6 ist die Entwicklung der Wassertemperatur der Wannen des Folgeversuchs im Vergleich zu den Wannen der ersten Versuchsserie dargestellt. Im Vergleich zur vorherrschenden Temperatur in den Betonbecken des ersten Experiments lag die Temperatur zu Beginn des Folgeexperiments und nach einer Woche deutlich höher. Nach zwei Wochen, als alle Wannen ungefähr die gleiche Temperatur aufwiesen, sank diese in den Becken mit ausgewaschenem Beton deutlich und lag bis zur fünften Woche deutlich unter der Wassertemperatur der Becken der ersten Versuchsserie, danach stieg sie wieder an.

Da die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Wannen gering waren, ist die Standardabweichung im Diagramm sehr klein und meist kaum oder gar nicht sichtbar.

4.7.2 pH-Wert

Der zu Beginn des Folgeexperiments bei durchschnittlich 8.24 liegende pH-Wert sank bis zum Ende der ersten Woche noch auf 8.18. Die Entwicklung des pH-Wertes in den Wannen mit ausgewaschenem Beton zeigte ab der zweiten Woche einen tendenziellen Anstieg des Wertes. Der pH-Wert stieg jedoch nicht bei jeder Messung weiter an. Nach fünf Wochen beispielsweise lag er im Vergleich zur vierten Woche durchschnittlich tiefer. Nach sechs Wochen erreichte der pH-Wert mit 9.12 seinen Höchstwert. Ab diesem Zeitpunkt blieb er bis zum Ende der Untersuchung mit 9.1 ziemlich konstant.

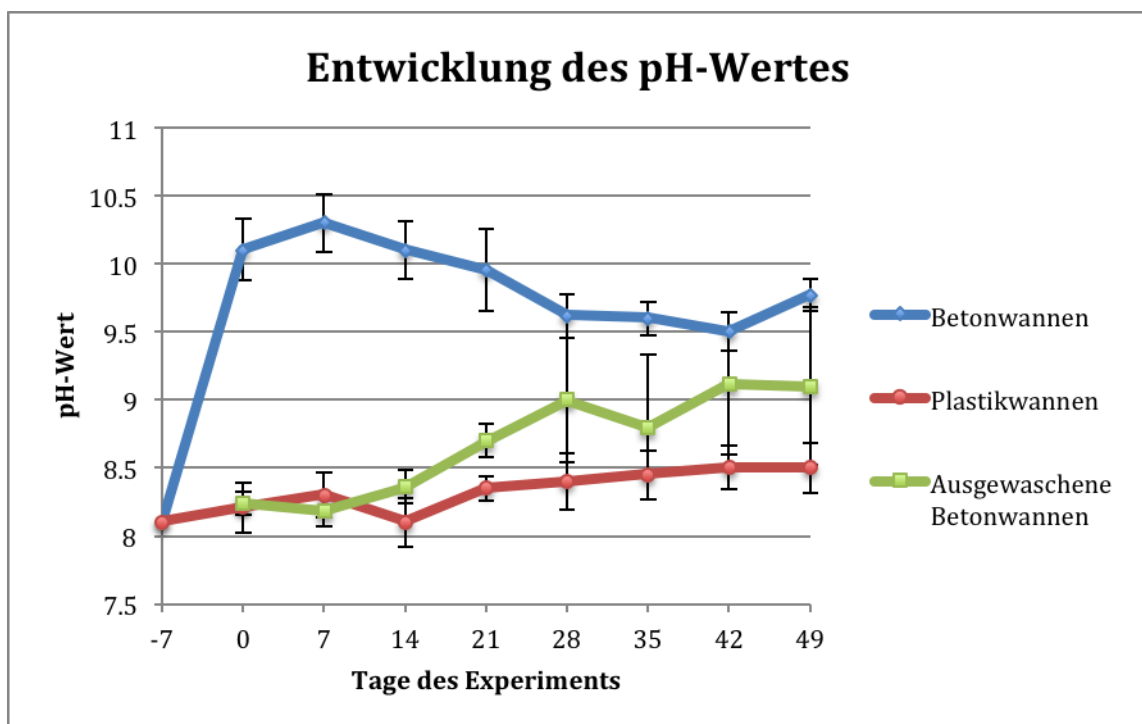


Diagramm 7: Entwicklung des pH-Wertes

Dass im Diagramm 7 die Entwicklung des pH-Wertes der ausgewaschenen Betonwannen erst bei 0 und nicht bei -7 beginnt kommt davon, dass die Betonwannen des Folgeversuchs nicht sieben Tage vor dem Einsetzen des Laichs mit Wasser gefüllt wurden. Deshalb wurde die erste pH-Wert Messung erst zum Zeitpunkt durchgeführt, als der Laich eingesetzt wurde.

Verglichen mit den nicht ausgewaschenen Betonwannen fällt auf, dass der pH-Wert in den Wannen mit ausgewaschenem Beton vor allem zu Beginn des Folgeexperiments sehr viel tiefer lag. Der pH-Wert lag nach 7 Tagen bei durchschnittlich 8.18 und somit deutlich tiefer als in den nicht ausgewaschenem Betonbecken, in denen er nach 7 Tagen bereits durchschnittlich 10.3 betrug. Obwohl der durchschnittliche pH-Wert nach der ersten Woche anstieg, blieb er mit dem Höchstwert von 9.1 stets unter dem tiefsten durchschnittlichen Wert von 9.5 der Wannen mit nicht ausgewaschenem Beton.

Im Vergleich zu den Wannen mit Plastikuntergrund war der pH-Wert in den Wannen mit ausgewaschenem Beton ab Mitte der zweiten Woche stets höher.

Auffallend sind bei den Werten der ausgewaschenen Betonwannen die grossen Standardabweichungen. Diese sind ab der vierten Woche im Vergleich zu den Werten der anderen Wannen deutlich höher und überschneiden sich mit den Standardabweichungen der Beton- und Plastikwannen des ersten Versuchs.

4.7.3 Phosphatgehalt

Wie auch beim ersten Experiment konnten keine Unterschiede bezüglich des Phosphatgehalts der ausgewaschenen Betonwannen und der Wannen mit Plastikuntergrund festgestellt werden. Mit Ausnahme einer Messung, bei welcher ein Phosphatgehalt in den Becken mit und ohne Beton von 1-3 mg/l Wasser gemessen wurde, lag er in allen Wannen immer unter einem mg/l Wasser.

4.7.4 Überlebensrate

Nach einer Woche wurden insgesamt 72 Kaulquappen gezählt, was durchschnittlich 14.4 Kaulquappen pro Becken mit ausgewaschenem Betonboden bedeutet. Nur eine einzige Kaulquappe starb bis zur Metamorphose. Die Überlebensrate bis zu diesem Zeitpunkt lag damit sehr hoch.

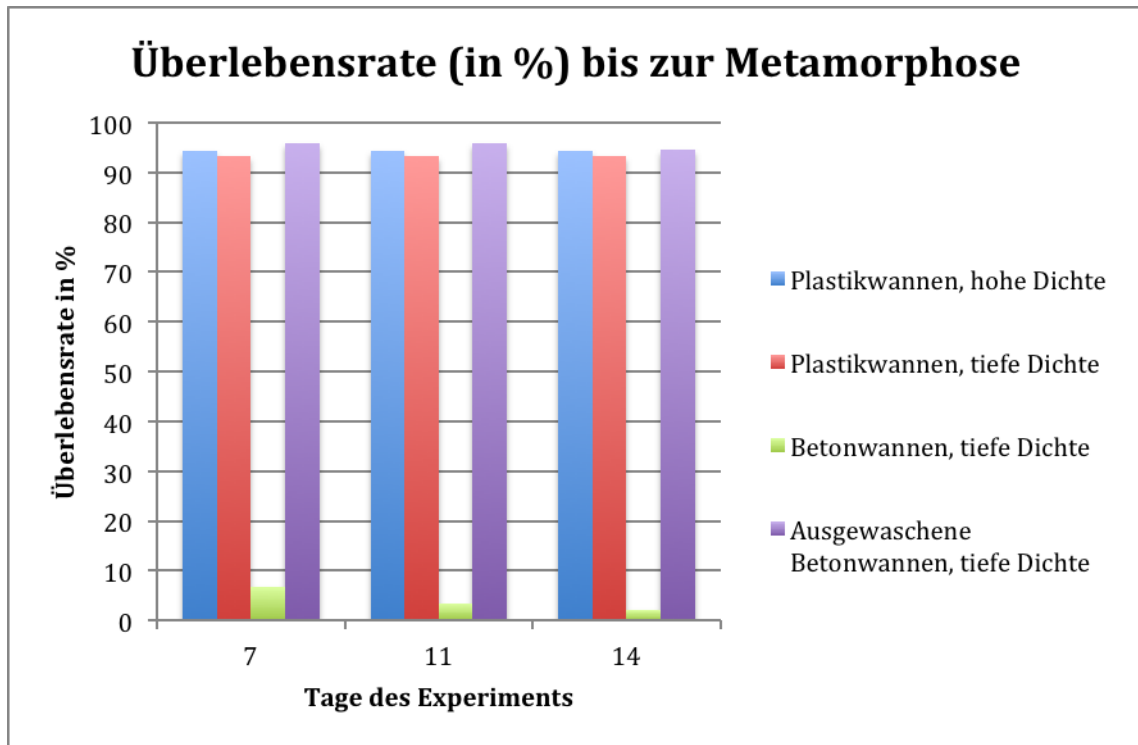


Diagramm 8: Überlebensrate (in %) bis zur Metamorphose in den Wannen mit ausgewaschenem Betonboden

Die Überlebensrate blieb bis zu Beginn der Metamorphose ziemlich konstant. Sie lag in den ausgewaschenen Betonbecken nach zwei Wochen mit 94.67 % praktisch gleich hoch wie in den Becken ohne Beton der ersten Versuchsserie. Verglichen mit der Rate in den nicht ausgewaschenen Betonwannen lag sie jedoch extrem viel höher. Die Überlebensrate bis zur Metamorphose wurde verglichen mit dem ersten Experiment in den Betonwannen um 93.5 % erhöht.

4.7.5 Längenwachstum

Das Längenwachstum verlief von Beginn bis zum Tag 17 des Experiments ziemlich schnell. Die Kaulquappen wuchsen von diesem Zeitpunkt bis zum Tag 39 des Experiments konstant weiter, jedoch nicht mehr so schnell wie zu Beginn (siehe Anhang 10).

Die im Durchschnitt höchste erreichte Länge wurde durchschnittlich nach 41.6 Tagen erreicht und betrug 2.34 cm. Im Vergleich zu den Kaulquappen in den Plastikwannen mit tiefer Dichte des ersten Versuchs wurde die Höchstlänge ungefähr zum gleichen Zeitpunkt erreicht, lag aber durchschnittlich um 0.26 cm tiefer. Die durchschnittliche Höchstlänge lag auch verglichen mit jener, der Tiere in den Wannen mit hoher Kaulquappendichte um 0.16 cm tiefer, wurde jedoch um ganze drei Wochen früher erreicht.

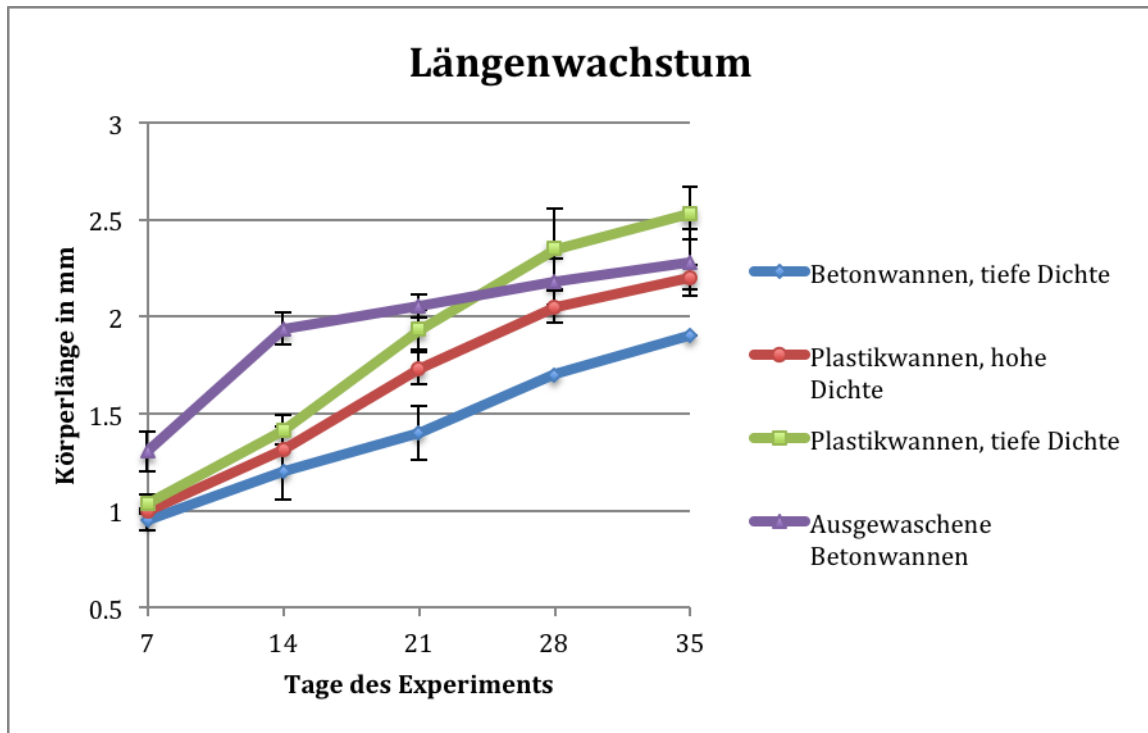


Diagramm 9: Entwicklung der Körperlängen

Verglichen mit allen Kaulquappen des ersten Versuchs verlief das Längenwachstum zu Beginn des Experiments deutlich schneller. Nach zwei Wochen waren die Kaulquappen in den Becken mit ausgewaschenem Beton schon so gross wie die grössten Kaulquappen der ersten Versuchsserie nach drei Wochen waren. Obwohl sich die Wachstumskurve nach zwei Wochen abflachte und weniger steil als bei den Plastikwannen mit tiefer sowie hoher Kaulquappendichte verlief, das heisst die Kaulquappen nicht mehr so schnell wuchsen, waren die Tiere des Folgeexperiments verglichen mit den Kaulquappen der anderen Wannen nach drei Wochen durchschnittlich noch immer am grössten. Erst nach ca. 24 Tagen waren die Kaulquappen durchschnittlich gleich gross wie diejenigen der Becken mit tiefer Kaulquappendichte. Von diesem Zeitpunkt an waren die Kaulquappen des Folgeversuchs bis zum Ende der fünften Woche zwar kleiner als in den Becken mit tiefer Konkurrenz, jedoch grösser als diejenigen mit hoher Konkurrenz. Durch den nicht aussagekräftigen Wert in den Betonwannen der ersten Versuchsserie, lässt sich kein sinnvoller Vergleich mit deren Längenwachstums anstellen.

4.7.6 Entwicklungszeit

Alle in den ausgewaschenen Betonbecken gemessenen Kaulquappen haben sich normal entwickelt, es wurden keine Tiere mit verspätetem Längenwachstum entdeckt. Die Individual-

entwicklung verlief insbesondere zu Beginn des Experiments ziemlich schnell, die meisten Kaulquappen begannen schon nach 11 Tagen mit der Metamorphose (siehe Anhang 13).

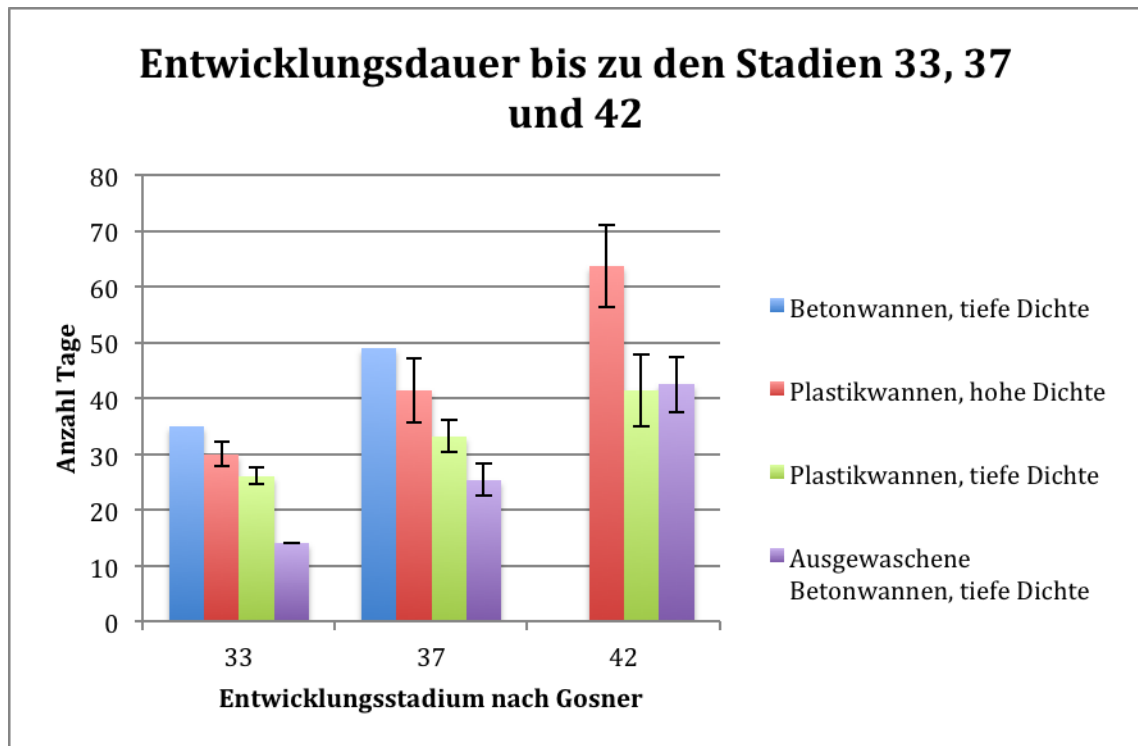


Diagramm 10: Entwicklungsdauer (in Tagen) bis zu den Stadien 33, 37 und 42 nach Gosner

Im Vergleich mit der Entwicklung der Tiere in den Wannen mit nicht ausgewaschenem Betonboden haben sich die Tiere extrem viel schneller entwickelt und viele Tiere haben die Metamorphose erfolgreich abschliessen können. Da der Wert der nicht ausgewaschenen Betonwannen nicht aussagekräftig ist, wird nicht weiter mit diesem Wert verglichen. Verglichen mit den Tieren in den Wannen ohne Betonuntergrund haben sich die Kaulquappen anfangs schneller entwickelt. Bereits nach 14 Tagen befanden sich die Kaulquappen durchschnittlich im Stadium 33 nach Gosner, was bei den Plastikwannen mit tiefer sowie hoher Kaulquappendichte erst nach 26 bzw. 30 Tagen der Fall war. Das Stadium 37 wurde von den Kaulquappen des Folgeversuchs schon nach durchschnittlich 25,4 Tagen und somit 7,7 bzw. 16,1 Tage früher als bei den Kaulquappen der Wannen mit tiefer sowie hoher Dichte an Kaulquappen erreicht.

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

5.1 Vergleich der Resultate in den Wannern mit und ohne Betonuntergrund

Das Experiment in den Plastikwannern mit nicht ausgewaschenem Beton brachte eindeutige Resultate. Mit grösster Wahrscheinlichkeit hatte der Beton negative Folgen für die Kaulquappen, weshalb schliesslich keine einzige die Metamorphose überlebte.

Höchstwahrscheinlich lag dies am hohen pH-Wert, da wie bereits erwähnt ziemlich sicher keine toxischen Zusatzmittel im verwendeten Beton enthalten waren. Bei den Wannern ohne Betonuntergrund gab es jeweils ziemlich grosse Unterschiede des pH-Werts. Grund für solche Unterschiede könnten beispielsweise gewisse basische Pflanzen sein, die Wasser der Becken gelangten und dieses basisch machten [50]. Dass trotz des teilweise relativ hohen pH-Werts in den Becken ohne Betonuntergrund keine negativen Auswirkungen auf die Kaulquappen festgestellt werden konnten, könnte damit zusammenhängen, dass die Kaulquappen in den Plastikwannern zu jenem Zeitpunkt, bei dem ein hoher pH-Wert feststellbar war, alle bereits ziemlich weit entwickelt waren. Die Aussage von Sinsch (1998), dass Eier oder jüngere Kaulquappen empfindlicher als ältere sind [1; S 142], würde dieses Resultat erklären und somit bestätigt werden.

Die Wassertemperatur war in allen Wannern jeweils stark von der Lufttemperatur sowie der Tageszeit abhängig, wodurch von Messung zu Messung grosse Temperaturschwankungen entstanden.

Dass der Phosphat-Wert in allen Wannern gleich hoch war bedeutet, dass der Betonuntergrund keine Auswirkungen auf den Gehalt an Phosphat des Wassers hatte. Hier ist jedoch anzumerken, dass dieser mit den Messstreifen nur sehr ungenau gemessen werden konnte und es deshalb durchaus kleinere Unterschiede zwischen den verschiedenen Becken gegeben haben kann.

Dass in allen Wannern bereits bei der ersten Messung nicht die gleiche Anzahl an Kaulquappen gezählt wurde, wie als Laich in die Becken gelegt wurde, könnte damit zusammenhängen, dass einige der Eier unbefruchtet waren und sich deshalb nicht zu Kaulquappen entwickelten. Laut Sinsch (1998) entwickeln sich nur rund 81% der Eier einer Laichschnur zu freischwimmenden Kaulquappen [1; S. 125].

Dass gegenüber dem ersten Experiment in den Betonwannen beim Folgeexperiment viele Kaulquappen überlebten liegt sehr wahrscheinlich am pH-Wert, der während des gesamten Experiments, vor allem aber zu Beginn, tiefer lag als in den Becken nicht ausgewaschenem Beton.

Eine experimentelle Untersuchung hat gezeigt, dass Eier und kleinere Kaulquappen empfindlicher auf den pH-Wert reagieren als grössere [1; S. 142]. Aus diesem Grund ist ein annähernd neutraler pH-Wert insbesondere zu Beginn der Larvalentwicklung wichtig, was beim Folgeexperiment, anders als beim ersten Experiment mit den Betonwannen, der Fall war.

Die in den Becken mit ausgewaschenem Betonuntergrund und in den Plastikwannen mit hoher und tiefer Dichte ähnlich hohen Überlebensraten bis zur Metamorphose könnten damit begründet werden, dass der pH-Wert des Wassers bei den Wannen mit ausgewaschenem Beton bis zu diesem Zeitpunkt nur gering höher lag.

Die Kaulquappen in den Wannen mit ausgewaschenem Beton wuchsen im Vergleich zu den Wannen ohne Betonuntergrund mit gleicher Kaulquappendichte bis zum Ende der zweiten Woche deutlich schneller und entwickelten sich anfangs schneller, was damit zusammenhängen könnte, dass die Temperatur in den Becken zu Beginn des ersten Versuches tiefer lag als diejenige zu Beginn des Folgeversuches. Dies könnte davon kommen, dass die Lufttemperatur zum Start der ersten Untersuchungen (Ende Mai) deutlich tiefer lag als dies zu Beginn des Folgeexperiments (Ende Juli) der Fall war.

Ein möglicher anderer Grund für die zu Beginn des Folgeexperiments grössere Länge der Kaulquappen könnte nebst der höheren Wassertemperatur auch sein, dass sich die Eier nach dem Einsetzen in die Becken schon früher zu Kaulquappen entwickelt haben, als dies beim Laich der ersten Versuchsserie der Fall war. Die Eier des ersten Experiments sind evtl. noch längere Zeit in den Wannen gelegen, bevor sie sich zu Kaulquappen entwickelt haben, als dies die Eier des Folgeversuchs taten.

Ab der dritten Woche wuchsen und entwickelten sich die Tiere der zweiten Versuchsserie weniger schnell, als dies bei den Kaulquappen der Plastikwannen mit tiefer Dichte der Fall war. Dies könnte mit der Temperatur zusammenhängen, die ab der dritten Woche in den Wannen mit ausgewaschenem Beton tiefer lag als in den Wannen der ersten Versuchsserie. Die laut Sinsch (1998) bestehende Korrelation zwischen der Wassertemperatur und des Längenwachstums sowie der Entwicklungsgeschwindigkeit [1; S. 137] würde somit bestätigt.

Da die Wachstumsgeschwindigkeit von Kaulquappen bei tiefem pH-Wert langsamer ist [1; S. 142], kann vermutet werden, dass dies auch bei hohem pH-Wert der Fall sein. Nebst der Was-

sertemperatur könnte somit auch der ab der dritten Woche ansteigende pH-Wert des Wassers in den ausgewaschenen Betonwannen dafür verantwortlich sein, dass die Kaulquappen weniger schnell wuchsen und sich weniger schnell entwickelten.

Aus den Messungen des pH-Wertes des Wassers des künstlichen Betonteiches ist zu schließen, dass auch die Verwendung von höchstwahrscheinlich unterschiedlichem Beton zur Abdichtung des künstlichen Teiches im Vergleich zum Beton in den Plastikwannen zu einem hohen pH-Wert des Wassers im Betonteich geführt hat. Dadurch lässt sich ableiten, dass eine Erhöhung des pH-Wertes durch die Verwendung verschiedenen Betons sehr wahrscheinlich nicht zu verhindern ist.

Auffallend während der gesamten Untersuchung war, dass im künstlichen Betonteich nie Kaulquappen oder Larven von Molchen zu sehen waren, während im nebenanliegenden Kies-teich stets Kaulquappen oder Molchlarven beobachtet werden konnten. Auch dies könnte am erhöhten pH-Wert des Wassers im Betonteich liegen.

5.2 Auswirkungen der höheren Kaulquappendichte

Das Längenwachstum und die Entwicklungsgeschwindigkeit der Kaulquappen sind abhängig vom vorhandenen Nahrungsangebot. Je mehr Nahrung vorhanden ist, desto schneller wachsen und entwickeln sich die Tiere [1; S. 127]. Es ist anzunehmen, dass in allen Wannen ungefähr gleich viel Nahrung vorhanden war, wodurch in den Wannen mit hoher Dichte an Kaulquappen weniger Nahrung pro Tier zur Verfügung stand als in denjenigen mit tiefer Kaulquappendichte. Sehr wahrscheinlich ist dies der Grund, weshalb die Tiere in den Becken mit hoher Konkurrenz weniger gewachsen sind und sich weniger schnell weiterentwickelt haben. Die Sterblichkeitsrate jedoch lag bei tiefer sowie hoher Konkurrenz etwa gleich hoch, was bedeutet, dass trotz dem geringeren Nahrungsangebot in den Becken mit hoher Dichte die Kaulquappen genug Nahrung zum Überleben und sich weiterentwickeln hatten. Auch bei Untersuchungen von Sinsch (1998) mit unterschiedlichen Dichten und unterschiedlichem Angebot an Nahrung hatten Konkurrenz und Nahrungsangebot keine Auswirkungen auf die Überlebensrate [1; S. 133]. Der geringe Unterschied der Überlebensrate bis zur Metamorphose zwischen den Tieren in den Wannen mit hohen und tiefen Kaulquappendichten könnte Zufall sein. Ob sich die Überlebensrate aber während der Metamorphose änderte ist nicht klar. Wie bereits getestet wurde, bewirken hohe Larvaldichten geringe Körpergrößen bei der Metamorphose [1; S. 147], was auch in diesen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte. Durch die ge-

ringere Grösse sinkt die Überlebenschance der Jungkröten an Land beträchtlich [1; S. 147,148].

Grund für die ab einem gewissen Zeitpunkt scheinbar durchschnittlich langsamer verlaufende Individualentwicklung aller Kaulquappen in den Plastikbecken ohne Betonboden könnte sein, dass die ersten Jungkröten aus den Becken entwichen und dadurch deren hohes Stadium nach Gosner nicht mehr in die Berechnung Mittelwert einfluss.

Dass sich wenige Kaulquappen in den Becken mit hoher Dichte ab einem gewissen Stadium während der Metamorphose nicht mehr weiterentwickelten, was bei keinem der Becken mit tiefer Kaulquappendichte zu beobachten war, könnte von einem zu geringen Nahrungsangebot zeugen. Zwar überleben Kaulquappen laut Sinsch (1998) mehrwöchige Hungerperioden, Aktivität und Wachstum werden aber während dieser Zeit weitgehend eingeschränkt [1; S. 127].

Da die Kreuzkröte vor allem in temporäre Gewässer laicht ist es wichtig, dass sich die Nachkommen möglichst schnell entwickeln, bevor das Gewässer erneut austrocknet. In Natur könnte eine verzögerte Entwicklungsgeschwindigkeit, wie es bei den Kaulquappen mit hoher Konkurrenz der Fall war, somit zum Tod führen [1; S. 136].

5.3 Verbesserungsmöglichkeiten für den zukünftigen Artenschutz

Laut den Resultaten ist ein ausgewaschener Betonuntergrund für Kaulquappen der Kreuzkröte deutlich geeigneter ist als ein nicht ausgewaschener. Die Entwicklung der Kaulquappen in Gewässern mit Plastikuntergrund oder ausgewaschenem Betonuntergrund unterscheidet sich kaum. Deshalb eignen sich Teiche mit ausgewaschener Betonabdichtung in etwa gleich gut wie Teiche mit Plastikabdichtungen. Falls in Zukunft Betonteiche errichtet werden, sollten diese ein Ablasssystem enthalten, um den Beton auswaschen und den Teich neu füllen zu können. Für einen erfolgreichen Artenschutz wäre es wahrscheinlich nützlich, neu angelegte Betonweiher mehrmals auszuwaschen. Wie das Folgeexperiment gezeigt hat, hat sich das einmalige Auswaschen bewährt, der pH-Wert ist jedoch mit der Zeit wieder angestiegen. Durch erneutes Auswaschen des Betonuntergrunds könnte es sein, dass der pH-Wert des Wassers nur noch sehr gering oder kaum mehr ansteigt.

Da Kreuzkröten nicht mehr Eier in grössere Teiche legen als in kleine, besitzen grössere Gewässer meist eine kleinere Dichte an Kaulquappen. Die in Kleingewässern vorhandenen hohen Kaulquappendichten [1; S. 123] können negative Folge für die Individuen haben, weshalb grössere künstliche Teiche als Förderungsmassnahme bevorzugt werden sollten. Da hohe

Wassertemperaturen die Entwicklung der Kröten beschleunigen, sollten sich die Teiche trotz ihrer Grösse relativ schnell und stark erwärmen. Dies wäre bei flachen Teichen mit geringer Wassermenge pro Quadratmeter der Fall.

6 Schlusswort

Mit meiner Arbeit konnte ich meine beiden Fragestellungen, ob Beton eine schädigende Wirkung auf die Entwicklung von Kaulquappen der Kreuzkröte hat und wenn ja ob sich diese durch Auswaschen des Betons vermindert, beantworten. Auch auf die Frage, ob Kaulquappen bei hoher Dichte in ihrer Entwicklung beeinträchtigt werden, habe ich durch meine Untersuchungen eine Antwort erhalten. Die von mir gewählten Methoden haben sich grösstenteils bewährt, trotzdem würde ich bei vergleichbaren Untersuchungen kleine Änderungen vornehmen. So würde ich zur Messung des Phosphat-Gehalts des Wassers eine genauere Messeinrichtung benutzen, damit auch kleinere Unterschiede festgestellt werden könnten. Zusätzlich würde ich den adulten Kreuzkröten eine bessere Ausstiegsmöglichkeit aus den Becken zur Verfügung stellen (z.B. breiteres Holzbrett), damit mehr Individuen nach Beendigung der Metamorphose selbstständig aus den Wannen gelangen könnten und ich dadurch weniger Kröten aus den Becken nehmen müsste. Für mich war es teilweise schwierig zu entscheiden, ab welchem Zeitpunkt ich die Kröten aus den Wannen nehmen sollte, da sie sich zur Zeit der Messung noch nicht im Stadium 46 befanden, jedoch bis zur nächsten Messung evtl. schon ertrunken wären.

Es wäre ein Vorteil, die Untersuchungen in einem nicht öffentlich zugänglichen Gebiet durchzuführen. Obwohl die meisten Leute, denen ich am Untersuchungsstandort begegnete, sehr interessiert wirkten, musste ich trotzdem einzelnen Manipulationen, wie beispielsweise das Hinzufügen von Steinen oder Kaulquappen aus einem Nebenteich, feststellen.

Durch die Arbeit habe ich ansatzweise gelernt, wissenschaftlich zu arbeiten und einen wissenschaftlichen Bericht zu verfassen. Vor allem über die Kreuzkröte, aber auch allgemein über Amphibienschutz in der Schweiz habe ich mir viel neues Wissen aneignen können. Durch die Erstellung verschiedener Diagramme konnte ich auch meine Computerkenntnisse verbessern. Trotz grossem zeitlichen Aufwand hat mir vor allem der praktische Teil der Arbeit sehr gut gefallen. Im Nachhinein bin ich sehr froh, dieses Thema gewählt zu haben.

7 Quellenverzeichnis

7.1 Literaturquellen

- [1] Sinsch, Ulrich (1998): Biologie und Ökologie der Kreuzkröte. Laurenti Verlag. Bochum.
- [2] Griffiths, Richard A. (Jun. 1991): Competition between Common frog, *Rana temporaria*, and Natterjack Toad, *Bufo calamita*. *Oikos*, Vol. 61, Fasc. 2, pp. 187-196

7.2 Internetquellen

- [10] natur4ort.ch/fileadmin/user_upload/Documente/download/Artenfoerderung_Fa_ZH/Kreuzkroete_Bufo_calamita_AP.pdf, 24.8.14
- [11] www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00917/index.html?lang=de, 29.7.14
- [12] www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/12035/12050/index.html?lang=de, 30.7.14
- [13] www2.unine.ch/karch/page-27565_de.html, 29.7.14
- [14] www.karch.ch/karch/page-29749_de.html, 29.7.14
- [15] de.wikipedia.org/wiki/PH-Wert, 29.7.14
- [16] www.pool-magazin.com/wp-content/gallery/40-sauer-macht-nicht-lustig/grafiksaeurenundbasen.jpg, 29.7.14
- [17] www.sued-hansa.de/leistungen/Beton.pdf, 30.7.14
- [18] www.herpetofauna.at/index.php/slider-amphibien/18-kreuzkroete-bufo-calamita-epidalea-calamita-laurenti-1768, 7.7.14
- [19] de.wikipedia.org/wiki/Froschlurche, 30.6.
- [20] www.karch.ch/files/content/sites/karch/files/Doc%20à%20télécharger/Notices%20pratiques/Praxismerkblatt%20Kreuzkrote.pdf, 13.7.
- [21] www.rlp-forschung.de/public/publications/47631, 7.7.14
- [22] hessen.nabu.de/artenschutz/ffharten/amphibien/03009.html, 7.7.2014
- [23] www.nlwkn.niedersachsen.de/download/50163, 5.8.14
- [24] de.wikipedia.org/wiki/Kreuzkröte, 8.7.14
- [25] www.geochembio.com/biology/organisms/toad/toad-life-cycle-and-development.html, 15.7.14
- [26] de.wikipedia.org/wiki/Amphibien#Fortpflanzung_und_Individualentwicklung, 5.8.14
- [27] www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0C0QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.nlwkn.niedersachsen.de%2Fdownload%2F50

163&ei=ATb6U8GIHovYaszjgOAF&usg=AFQjCNF5xmLg2qdl3oD1sEdHzQoSELcDFg&sig2=1g7RGzYzwoFeC28NQmX_MA&bvm=bv.73612305,d.bGE, 8.7.14

- [28] www.feldherpetologie.de/heimische-amphibien-artensteckbrief/artensteckbrief-kreuzkroete-bufo-calamita/, 12.7.14
- [29] www.sanu.ch/uploads/kursDoc/04_Zumbach_Praesentation.pdf, 12.7.14
- [30] www2.unine.ch/cms/site/karch/op/edit/lang/de/pid/30186, 12.7.14
- [31] www.biel-bienne.ch/files/pdf3/Plakat_Biotop_Mettmoos_df.pdf, 13.7.14
- [32] map.geo.admin.ch/?X=220898.50&Y=587881.81&zoom=8&lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe, 15.7.14
- [33] www.vol.be.ch/vol/de/index/direktion/organisation/lanat/aktuell.meldungNeu.html/vol/de/meldungen/natur/naturfoerderung/2013/10/20131025_1503_das_mettmoos_bielbienneamphibienlaichgewaesservonnationalerbedeu, 6.8.14
- [34] www.baumit-selbermachen.de/chameleon/outbox/public/a4e40121-3cce-cfa1-99c4-14d5d719b147/Precit_Estrichbeton_01-07-11.pdf, 15.8.14
- [35] [de.wikipedia.org/wiki/Metamorphose_\(Zoologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Metamorphose_(Zoologie)), 7.8.2014),
- [36] academics.skidmore.edu/wikis/bi_385_methods/index.php/Record_and_classify_the_Gosner's_stage, 1.6.14

7.3 Mündliche Mitteilungen

- [50] Frau Ursina Tobler, Biologin und Mitarbeiterin der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH)
- [51] Verkaufspersonal der Hornbach Baumarkt-AG, 24.5.14
- [52] Herr Dr. Dieter Marz i.V., Leiter der Baumit GmbH, Herstellerfirma des Estrichbetons der Marke Precit, 9.7.14

7.4 Abbildungen und Diagramme

- Abbildung 1: www.pool-magazin.com/wp-content/gallery/40-sauer-macht-nicht-lustig/grafiksaeurenundbasen.jpg, 29.7.14
- Abbildungen 2-6 und Titelbild: Mit eigener Kamera aufgenommene Bilder
- Diagramme 1-10: Aus eigenen Werten selbsterstellte Diagramme

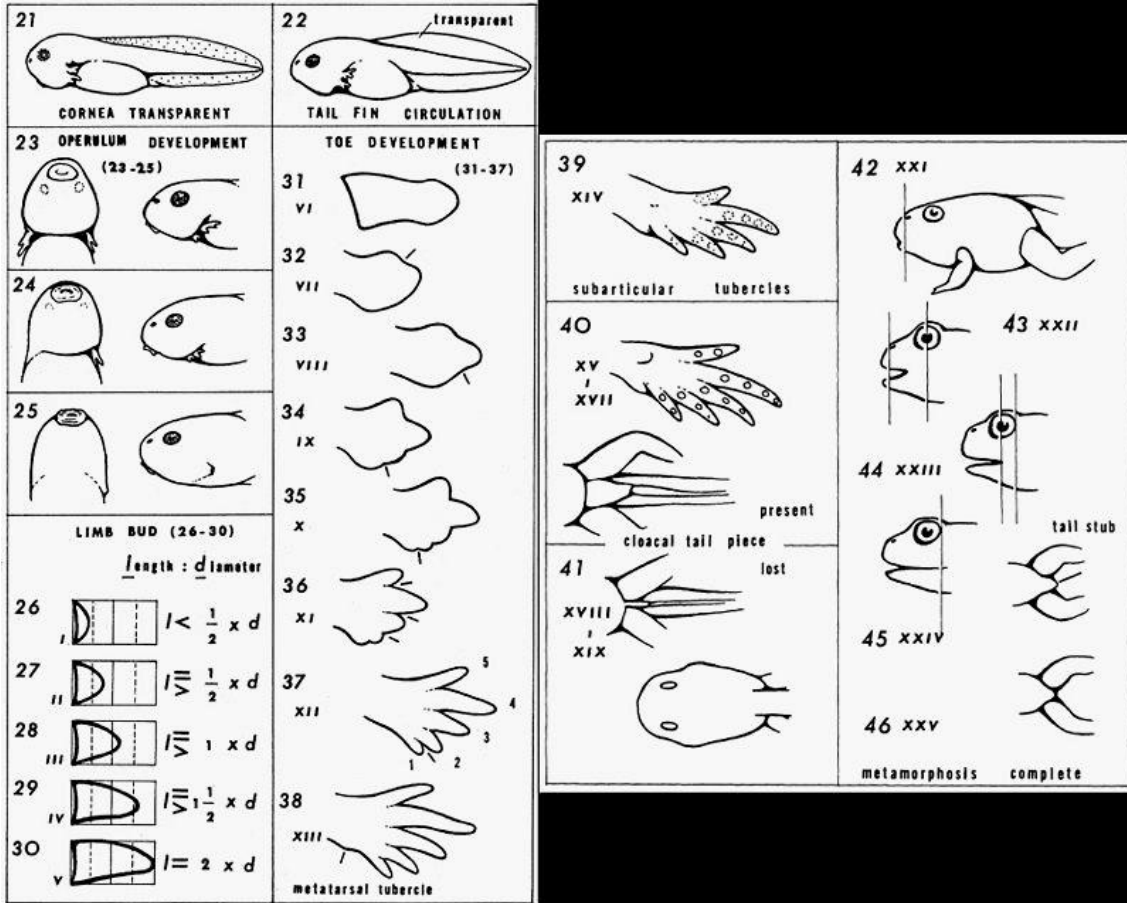
„Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Maturaarbeit eigenständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe erstellt habe und dass alle Quellen, Hilfsmittel und Internetseiten wahrheitsgetreu verwendet wurden und belegt sind.“

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

Anhang

Anhang 1



[36]

Anhang 2

Amt für Landwirtschaft
und Natur
des Kantons Bern

Office de l'agriculture
et de la nature
du canton de Berne

Abteilung Naturförderung
(ANF)

Service de la Promotion de la nature
(SPN)

Schwand 17
3110 Münsingen
Téléphone 031 720 32 20
Télécopie 031 720 33 51
info.anf@vol.be.ch
www.be.ch/natur

Carole Bringold
Champ du Plâne 5
2532 Magglingen

Olivier Bessire
031 720 32 30
olivier.bessire@vol.be.ch

15. Mai 2014

Réf. no. 4.1.2.6

Autorisation protection de la nature



Commune(s):	Bienne
Requérant(e):	Carole Bringold, champ du Plâne 5, 2532 Magglingen
Emplacement:	Mettmoos
Projet :	Suivi et manipulation de larves de crapauds calamites dans différents bassins en plastique contenant différents substrats
Objet protégé:	Site de reproduction de batraciens d'importance nationale (objet no 149)
Dérogations requises:	Dérogation pour des interventions dans les sites de reproduction de batraciens d'importance nationale au sens de l'article 18, alinéas 1bis et 1ter, de l'article 21 et de l'article 22, 2 ^e alinéa de la loi fédérale du 1.7.1966 sur la protection de la nature et du paysage, ainsi que de l'article 7 de l'ordonnance du 15.6. 2001 sur la protection des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale
Bases d'appréciation:	Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPNP) RS 451 Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPNP) RS 451.1 Loi sur la protection de la nature (LPN) RSB 426.11 Ordonnance sur la protection de la nature (OPN) RSB 426.111

1. Appréciation du projet

1.1. Projet

Le projet consiste à prélever des pontes de crapaud calamite dans le site pour les placer dans plusieurs bassins en plastique pour tester les différents substrats de fond engagés pour le projet (béton, gravier, plastique). Des suivis des larves (tailles, vitesse de croissance, mortalité,...) seront effectués tout au long de la saison de reproduction.

2. Proposition

La dérogation requise peut être octroyée aux conditions et avec les charges ci-dessous.

4. Charges

- 4.1. L'autorisation est limitée dans le temps. Elle est valable durant l'année 2014.
- 4.2. Une surveillance accrue de l'installation doit être faite pour limiter les problèmes dus aux déprédations éventuelles.

Anhang 3

Exakte Werte zu den Diagrammen: Entwicklung der Wassertemperatur

Tage des Experiments	0	7	14	21	28	35	42	49
Betonwannen, tiefe Dichte	15.65	18.5	29.616	26.383	26.75	18.76	18.8	27.1
Plastikwannen, hohe Dichte	15.76	18.44	29.683	26.08	26.4333	18.7333	18.62	26.967
Plastikwannen, tiefe Dichte	15.76	18.4166	29.7	26.033	26.483	18.7166	18.5833	27.075
Ausgewaschene Betonwannen, tiefe Dichte	21.9	23.8	28.98	24.42	21.72	18.6	24.6	22.48
Standartabweichungen	0	7	14	21	28	35	42	49
Betonwannen, tiefe Dichte	0.564801	0.334664	0.194079	0.483391	0.339116	0.089443	0.158114	0.556776
Plastikwannen, hohe Dichte	0.755425	0.299205	0.285774	0.303315	0.427395	0.233809	0.216795	0.382971
Plastikwannen, tiefe Dichte	0.432049	0.318852	0.167332	0.265832	0.337145	0.147196	0.160208	0.30957
Ausgewaschene Betonwannen, tiefe Dichte	0.2	0.34641	0.319374	0.597495	0.370135	0.173205	0.430116	0.370135

Anhang 4

Exakte Werte zu den Diagrammen: Entwicklung des pH-Wertes

Tage des Experiments	-7	0	7	14	21	28	35	42	49
Betonwannen	8.1	10.1	10.3	10.1	9.95	9.62	9.6	9.5	9.77
Plastikwannen	8.1	8.208	8.3	8.1	8.35	8.4	8.45	8.5	8.5
Ausgewaschene Betonwannen		8.24	8.18	8.36	8.7	9	8.8	9.12	9.1
Standartabweichungen									
Betonwannen	0	0.228035	0.213698	0.209762	0.301662	0.160208	0.122474	0.141421	0.11547
Plastikwannen	0	0.183196	0.167332	0.178885	0.090453	0.20505	0.178377	0.159545	0.18738
Ausgewaschene Betonwannen		0.054772	0.083666	0.114018	0.122474	0.458258	0.533854	0.526308	0.578792

Anhang 5

Anzahl Kaulquappen

Tage des Experiment:	4	7	11	14	17	21	25	28	32	35	39	42
Wanne1 Beton, tiefe Dichte	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wanne2 Plastik, tiefe Dichte	15	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12
Wanne3 Plastik, hohe Dichte	30	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	21
Wanne4 Beton, tiefe Dichte	15	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wanne5 Plastik, tiefe Dichte	15	14	14	14	14	14	13	13	10	8	6	3
Wanne6 Plastik, hohe Dichte	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	29	29
Wanne7 Beton, tiefe Dichte	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wanne8 Plastik, tiefe Dichte	15	15	15	15	15	15	15	15	15	13	11	7
Wanne9 Plastik, hohe Dichte	30	28	28	28	28	28	28	28	27	27	25	23
Wanne10 Beton, tiefe Dichte	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wanne11 Plastik, tiefe Dichte	15	14	14	14	14	14	14	14	14	12	9	1
Wanne12 Plastik, hohe Dichte	30	27	27	27	27	25	25	25	25	25	25	23
Wanne13 Beton, tiefe Dichte	15	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Wanne14 Plastik, tiefe Dichte	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Wanne15 Plastik, hohe Dichte	30	29	29	29	28	28	28	28	28	27	27	25
Wanne16 Beton, tiefe Dichte	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wanne17 Plastik, tiefe Dichte	15	14	14	14	14	13	13	13	13	10	10	7
Wanne18 Plastik, hohe Dichte	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29

46	49	52	56	59	62	67	70	74	77	81	84	88	91	95
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	13	11	9	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	26	23	20	18	15	13	9	8	6	6	4	4	3	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	17	15	11	8	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	20	16	13	11	10	8	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	11	9	3	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0
21	17	15	8	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	26	23	23	21	19	17	9	9	7	7	5	3	3	3

Anhang 6

Überlebensrate (Folgeexperiment)

Tage des Experiments	4	7	11	14	17
Wanne1 Ausgewaschener Beton, tiefe Dichte	13	13	13	12	11
Wanne2 Ausgewaschener Beton, tiefe Dichte	15	15	15	15	15
Wanne3 Ausgewaschener Beton, tiefe Dichte	15	15	15	15	14
Wanne4 Ausgewaschener Beton, tiefe Dichte	14	14	14	14	14
Wanne5 Ausgewaschener Beton, tiefe Dichte	15	15	15	15	14

21	25	28	32	35	39	42	46	49
11	11	9	9	7	6	4	3	0
14	14	12	11	7	5	3	2	0
14	11	9	7	6	5	2	2	2
14	14	14	12	11	8	5	2	0
14	14	14	12	9	9	3	3	1

Anhang 7

Durchschnittliche Anzahl Kaulquappen pro Wanne bis zur Metamorphose

<u>Tage des Experiments</u>	<u>7</u>	<u>11</u>	<u>14</u>	<u>17</u>	<u>21</u>	<u>25</u>
Betonwannen, Tiefe Dichte	1	0.5	0.3333	0.3333	0.3333	0.1666
Plastikwannen, hohe Dichte	28.3333	28.3333	28.333	28.1666	27.8333	27.8333
Plastikwannen, Tiefe Dichte	14	14	14	14	13.8333	13.6666
Ausgewaschene Betonwannen, Tiefe Dichte	14.4	14.4	14.2			
Standartabweichungen	7	11	14	17	21	25
Betonwannen, Tiefe Dichte	0.8944272	0.547723	0.516398	0.516398	0.516398	0.408248
Plastikwannen, hohe Dichte	1.2110601	1.21106	1.21106	1.169045	1.722401	1.722401
Plastikwannen, Tiefe Dichte	0.6324555	0.632456	0.632456	0.632456	0.752773	0.816497
Ausgewaschene Betonwannen, Tiefe Dichte	0.8944272	0.894427	1.30384			

Anhang 8

Exakte Werte zu den Diagrammen: Überlebensrate (in %) bis zur Metamorphose

<u>Tage des Experiments</u>	<u>7</u>	<u>11</u>	<u>14</u>	<u>17</u>	<u>21</u>	<u>25</u>
Betonwannen, Tiefe Dichte	6.6666	3.3333	2.2222	2.2222	2.2222	1.1111
Plastikwannen, hohe Dichte	94.4444	94.4444	94.4444	93.8888	92.7777	92.7777
Plastikwannen, Tiefe Dichte	93.3333	93.3333	93.3333	93.3333	92.2222	91.1111
Ausgewaschene Betonwannen, Tiefe Dichte	96	96	94.6666			

Anhang 9

Körperlänge (in cm)

<u>Tage des Experiments</u>	<u>4</u>	<u>7</u>	<u>11</u>	<u>14</u>	<u>17</u>	<u>21</u>	<u>25</u>	<u>28</u>	<u>32</u>	<u>35</u>	<u>39</u>	<u>42</u>
Wanne 1 Beton, Tiefe Dichte	0.6	1	1									
Wanne 2 Plastik, Tiefe Dichte	0.6	1	1.4	1.5	1.9	1.9	2	2.2	2.3	2.5	2.5	2.4
Wanne 3 Plastik, hohe Dichte	0.6	1	1.3	1.5	1.7	1.8	2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.4
Wanne 4 Beton, Tiefe Dichte	0.6	0.9	1	1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	1.9	2	2.1
Wanne 5 Plastik, Tiefe Dichte	0.6	1.1	1.2	1.4	1.7	2.1	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	
Wanne 6 Plastik, hohe Dichte	0.6	1	1.1	1.2	1.3	1.7	1.8	2	2.1	2.1	2.2	2.2
Wanne 7 Beton, Tiefe Dichte	0.6	0.9	0.9									
Wanne 8 Plastik, Tiefe Dichte	0.6	1	1.2	1.4	1.5	1.9	2.2	2.3	2.5	2.5	2.5	2.6
Wanne 9 Plastik, hohe Dichte	0.6	1	1.1	1.3	1.5	1.8	2	2	2.2	2.2	2.2	2.2
Wanne 10 Beton, Tiefe Dichte	0.6											
Wanne 11 Plastik, Tiefe Dichte	0.6	1	1.2	1.4	1.6	1.9	2.3	2.7	2.8	2.8		
Wanne 12 Plastik, hohe Dichte	0.6	1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.2	2.2	2.2
Wanne 13 Beton, Tiefe Dichte	0.6	1	1.1	1.2	1.4	1.5						
Wanne 14 Plastik, Tiefe Dichte	0.6	1.1	1.3	1.5	1.5	1.8	2	2.1	2.4	2.4	2.4	2.5
Wanne 15 Plastik, hohe Dichte	0.6	1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2	2.3	2.3	2.3	2.4
Wanne 16 Beton, Tiefe Dichte	0.6											
Wanne 17 Plastik, Tiefe Dichte	0.6	1	1.2	1.3	1.5	2	2	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5
Wanne 18 Plastik, hohe Dichte	0.6	1	1.1	1.2	1.3	1.8	1.9	2.1	2.2	2.2	2.3	2.2

Anhang 12

Durchschnittliches Stadium nach Gosner (31-46)

Tage des Experiments	<u>21</u>	<u>25</u>	<u>28</u>	<u>32</u>	<u>35</u>	<u>39</u>	<u>42</u>	<u>46</u>	<u>49</u>	<u>52</u>	
Wanne 1 Beton, tiefe Dichte											
Wanne 2 Plastik, tiefe Dichte		32.7	max. 4.3	37.88	39.7	39.8	42.07	41.71	43.9	44.25	
Wanne 3 Plastik, hohe Dichte		max. 1.0	max. 3.33	36.4	36.55	37.6	39.166	39.4	37.3	37.15	
Wanne 4 Beton, tiefe Dichte				31	34	36	36	36	37	37	
Wanne 5 Plastik, tiefe Dichte	max. 1.5	33.7	36.7	42.3	41.89	43.11	45.25	45			
Wanne 6 Plastik, hohe Dichte		max. 0.5	max. 2.5	33.9	35.6	35.85	37.1	35.4	37.4	37.3	
Wanne 7 Beton, tiefe Dichte											
Wanne 8 Plastik, tiefe Dichte	max. 0.5	33.4	35.5	39.15	39	42.8	42.71	40.5	45		
Wanne 9 Plastik, hohe Dichte		max. 2.5	max. 3.3	35.8	36.45	39.68	38.95	37.25	38.4	40	
Wanne 10 Beton, tiefe Dichte											
Wanne 11 Plastik, tiefe Dichte	max. 2.7	34.9	36.8	41.5	42.6	45.22	45				
Wanne 12 Plastik, hohe Dichte		max. 0.9	32.2	33.8	34.2	35.6	37.22	36.33	37.22	39.5	
Wanne 13 Beton, tiefe Dichte											
Wanne 14 Plastik, tiefe Dichte	max. 1.0	32.7	34.4	36.3	36.9	40.5	39.44	39	39.81	41	
Wanne 15 Plastik, hohe Dichte		32.9	34.5	36	37.7	39.45	38.5	39.6	40.18	41.1	
Wanne 16 Beton, tiefe Dichte											
Wanne 17 Plastik, tiefe Dichte	max. 2.4	max. 4.1	36.2	39	39.05	41.25	40.81	40.2	41.25	43.8	
Wanne 18 Plastik, hohe Dichte		max. 1.7	max. 2.9	34.5	35.1	36.6	36.36	36.2	36.33	37.5	
<u>56</u>	<u>59</u>	<u>62</u>	<u>67</u>	<u>70</u>	<u>74</u>	<u>77</u>	<u>81</u>	<u>84</u>	<u>88</u>	<u>91</u>	<u>95</u>
46											
37.7	39.11	40.63	41.93	42							
37											
36.13	38.25	37.4	39.3	38	38.8	39.5	40.66	39	40.5	39	39
40.3	42.43	42	39	39							
39.75	39.05	39.2	41.25	42.75							
36	37.66	37.66	37.66	37							
42.18	42.6	40.5	42								
45											
37.9	37.9	38	39	37.77	40.38	40.14	39.33	40.2	37	37	37

Anhang 13

Durchschnittliches Stadium nach Gosner (31-46) (Folgeexperiment)

Tage des Experiments	<u>11</u>	<u>14</u>	<u>17</u>
Wanne 1 Ausgegossene Betonwannen, tiefe Dichte	max. 1.9	max. 3.7	35.54
Wanne 2 Ausgegossene Betonwannen, tiefe Dichte	max. 1.0	34.3	35.6
Wanne 3 Ausgegossene Betonwannen, tiefe Dichte	max. 2.5	35.45	36.2
Wanne 4 Ausgegossene Betonwannen, tiefe Dichte	max. 0.8	33.7	max. 4.3
Wanne 5 Ausgegossene Betonwannen, tiefe Dichte	max. 1.4	34.8	max. 3.8

<u>21</u>	<u>25</u>	<u>28</u>	<u>32</u>	<u>35</u>	<u>39</u>	<u>42</u>	<u>46</u>	<u>49</u>
36.6	38.66	36.6	37.2	37.4	39	40.875	41	
36.1	38.55	37.72	39.09	38.5	39	39.6666	40.5	
37.1	39.4	39.83	39.64	40.83	42	42.25	43.5	46
36	36.9	38.8	39.4	40.77	40.88	41.3	42	
35.57	35.7	37.07	37.08	36	36.4	35.66	35.66	37

Anhang 14

Exakte Werte zu den Diagrammen: Entwicklungsdauer bis zu Stadium 33, 37 und 42

<u>Tage bis zu Stadium</u>	<u>33</u>	<u>37</u>	<u>42</u>
Betonwannen, tiefe Dichte	35	49	
Plastikwannen, hohe Dichte	30	41.5	63.75
Plastikwannen, tiefe Dichte	26	33.166	41.4
Ausgewaschene Betonwannen, tiefe Dichte	14	25.4	42.5
<u>Standartabweichungen</u>	<u>33</u>	<u>37</u>	<u>42</u>
Betonwannen, tiefe Dichte	0	0	
Plastikwannen, hohe Dichte	2.19089	5.75326	7.320063752
Plastikwannen, tiefe Dichte	1.549193	2.857738	6.426507605
Ausgewaschene Betonwannen, tiefe Dichte	0	2.880972	4.949747468