

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

## Nährwert verschiedener Arthropoden für Auerhuhnküken - eine Literaturrecherche



Semesterarbeit 6. Semester  
von  
**Murièle Jonglez de Ligne**  
Bachelorstudiengang 2010  
Abgabedatum 27. Juni 2013  
Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Dr. Graf, Roland F

Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, 8820 Wädenswil

Tel: ++41 58 934 55 78

[graf@zhaw.ch](mailto:graf@zhaw.ch)

Lisa Bitterlin

Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, 8820 Wädenswil

Tel: 058 934 57 21

[bite@zhaw.ch](mailto:bite@zhaw.ch)

## Impressum

### Schlagworte

Diet of Capercaillie chicks, Nahrungsökologie, essential nutrients for chicks, Proteine, Aminosäuren, Ameisen, Raupen, Wachstum Auerhuhnküken, antimikrobielle Wirkung, peak of lepidoptera larvae, Kalorien Raupen, Kalorien Ameisen, Kalorien Spinnentieren.

### Zitiervorschlag

Jonglez de Ligne Murièle. (2013): Nährwert verschiedener Arthropoden für Auerhuhnküken - eine Literaturrecherche.

Semesterarbeit, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Departement N, IUNR Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen, CH-8820 Wädenswil.

### Adresse

Murièle Jonglez de Ligne  
Unt. Schöntalstrasse 9  
8406 Winterthur  
jonglmur@students.zhaw.ch



### Titelbild:

Auerhuhnküken: Siegfried Klaus, 2009

### Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei folgenden Personen bedanken:  
Dr. Roland F. Graf für die gute Betreuung während der ganzen Arbeit.  
Lisa Bitterlin für das Überprüfen der Arbeit auf die Korrektheit der Arbeit.

Desweiteren meiner Lektorin Cora Braun.

## Abstract

In their first weeks of life, grouse chicks feed primarily on butterfly larvae, which they often find on the leaves of blueberry bushes. At the time of hatching, there is a wide availability of larvae, which contain a high amount of proteins and fats. These are essential nutrients for the growth of the chicks. After several days or a few weeks, the consumption in larvae is reduced and more ants and arachnids like harvestmen are preferred. It seems to be a correlation between the availability of arthropods and the preferred food of the chicks. Nevertheless, the question arises whether the preference of food type actually depends only on the availability of prey, or whether the nutritional value of individual arthropods in food choice also plays an important role. How important are the non-organic component such as magnesium, calcium or sodium in the growth of a capercaillie chick? These questions have not yet been clarified until now remaining, and thus it is not clear how the possibility exists that capercaillie chicks in their first weeks of life feed on other arthropods such as ants instead almost entirely of butterfly larvae.

Because if you compare the nutritional values of the caterpillars with that of arachnids and ants, it is apparent that some of these have much higher values of inorganic components such as sodium, magnesium, calcium and phosphorus as caterpillars. These components have important functions in various ways such as the bone structure, the support of energy metabolism or they are also responsible for the functioning of the nervous system. In addition, the formic acid has an antimicrobial effect which positively affects digestion of the chicks, thus promoting the growth of the chickens as well as protection against disease, which thereby also increases the probability of their survival. Arachnids are also very suitable as prey. Their high content of sodium supports many important metabolic processes, which also promote the growth of young grouse. Many nutrients present in ants and spiders, but also in caterpillars have an important function during the growth and survival of chick.

Would the availability of arthropods be differently distributed through the year, or the chicks would hatch at a time where there were not so many larvae or would they just use different habitats with different amount of arthropods ants and spiders could be significant as an alternative food for the butterfly larvae. Nevertheless, a combination of everything seems to be the best solution.

## Zusammenfassung

Auerhuhnküken ernähren sich in ihren ersten Lebenswochen hauptsächlich von Schmetterlingslarven, welche sie oft auf den Blättern von Heidelbeersträuchern finden. Zum Zeitpunkt ihres Schlüpfens besteht die Annahme, dass eine grosse Verfügbarkeit an Larven herrscht. Diese enthalten eine grosse Menge an Proteinen und Fette und sind damit essentielle Nährstoffe, die für ein gesundes Wachstum der Küken grundlegend sind. Bei einigen Auerhuhnküken scheint sich die Nahrungspräferenz nach einigen Tagen bis Wochen von Larven hin zu Ameisen und Spinnentiere wie Weberknechte zu verschieben. Dabei scheint es einen Zusammenhang zu geben zwischen der Verfügbarkeit von Arthropoden und der bevorzugten Nahrung der Küken. Dennoch stellt sich die Frage, ob die Präferenz der Nahrungsart tatsächlich nur von der Verfügbarkeit der Beute abhängt, oder ob der Nährwert der einzelnen Arthropodengruppen bei der Nahrungswahl ebenfalls eine wichtige Rolle spielt. Wie wichtig sind die nicht organischen Komponente wie Magnesium, Kalzium oder Natrium für das Wachstum eines Auerhuhnkükens? Und in welcher Menge sind diese in Arthropoden vorhanden? Diese Fragen sind bis anhin noch nicht restlich geklärt und somit ist nicht klar, inwiefern die Möglichkeit existiert, dass sich Auerhuhnküken in ihren ersten Lebenswochen anstatt fast nur von Schmetterlingslarven vielleicht auch von anderen Arthropoden wie Ameisen ernähren könnten.

Spinnentiere und Ameisen weisen zum Teil weit höhere Werte an anorganischen Komponenten wie Natrium, Magnesium, Kalzium und Phosphor auf als Raupen. Diese Komponente übernehmen wichtige Funktionen in verschiedener Art und Weise wie zum Beispiel beim Knochenaufbau, bei der Unterstützung des Energiemetabolismus oder sind unter anderem verantwortlich für das Funktionieren des Nervensystems. Zudem hat die Ameisensäure der Ameisen eine antimikrobielle Wirkung, welche die Verdauung der Küken positiv beeinflusst und somit das Wachstum fördert wie auch die Küken vor Krankheiten schützt, was dadurch zusätzlich die Überlebenschancen erhöht. Auch Spinnentiere eignen sich sehr gut als Beutetiere. Ihr hoher Gehalt an Natrium unterstützt viele wichtige Stoffwechselprozesse, welche das Wachstum der jungen Auerhühner ebenfalls fördern. So lässt sich sagen dass viele der Nährstoffe in Ameisen und Spinnentieren, aber auch in Raupen während des Wachstums und für das Überleben des Kükens eine wichtige Funktion übernehmen. Wäre die Verfügbarkeit der Arthropoden durch das Jahr anders verteilt, oder würden die Küken zu einem Zeitpunkt schlüpfen, an dem es nicht so viele Larven gäbe, oder würden sie einfach einen anderen Lebensraum nutzen mit unterschiedlicher Menge an Arthropoden, könnten Ameisen und Spinnentiere allenfalls eine Nahrungsalternative zu den Schmetterlingsraupen sein. Dennoch scheint eine Kombination aller die beste Lösung zu sein.

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Einleitung .....   | 3  |
| 2 Methoden .....   | 5  |
| 2.1. Datenbanken.....                                      | 5  |
| 2.2. Verwendete Suchbegriffe .....                         | 6  |
| 2.2.1. Einzelne Schlagwörter.....                          | 6  |
| 2.2.1. Kombination der einzelnen Schlagwörter .....        | 7  |
| 3 Fortpflanzungsökologie des Auerhuhns.....                | 8  |
| 3.1. Nahrung der Küken .....                               | 9  |
| 4 Was braucht ein Küken für das Wachstum .....             | 12 |
| 4.1. Bedeutung einzelner Nährstoffe .....                  | 13 |
| 4.1.1. Proteine.....                                       | 13 |
| 4.1.2. Kohlenhydrate .....                                 | 14 |
| 4.1.3. Aminosäuren.....                                    | 14 |
| 4.1.4. Fette.....  | 15 |
| 4.1.5. Ameisensäure .....                                  | 15 |
| 4.1.6. Vitamin B <sub>12</sub> .....                       | 15 |
| 4.2. Anorganische Komponente .....                         | 16 |
| 4.2.1. Magnesium .....                                     | 16 |
| 4.2.2. Kalzium .....                                       | 17 |
| 4.2.3. Natrium .....                                       | 17 |
| 4.2.4. Phosphor.....                                       | 18 |
| 4.3. Verwertbarkeit der Nährstoffe.....                    | 18 |
| 5 Nährwerte der wichtigsten Arthropodengruppen.....        | 19 |
| 6 Eignung der einzelnen Arthropoden für das Wachstum ..... | 20 |

---

|   |    |
|---|----|
| 6.1. Energiebilanz bei Aufnahme eines Individuums einer Arthropodengruppe ..... | 21 |
| 7 Schlusssynthese .....   | 23 |
| Literaturverzeichnis .....  | 27 |
| Abbildungsverzeichnis.....  | 30 |
| Tabellenverzeichnis.....  | 31 |
| Anhang.....   | 32 |
| Anhang A.....   | 33 |
| Anhang B.....   | 34 |

## Einleitung

Das Überleben von Auerhuhnküken wird beeinflusst durch die Erfahrung und Gesundheit der Hennen, durch die Verfügbarkeit der Nahrung, durch Krankheit und Prädation (Park et al., 2000). Bei der Nahrungswahl spielt die Art der Beute eine besonders grosse Rolle im Überlebenskampf der Küken (Park et al., 2000).

Denn während erwachsene Auerhühner sich rein pflanzlich ernähren und die Heidelbeere dabei eine der wichtigsten Nahrungspflanzen ist (Bollmann, 2008), besteht die Hauptnahrung der Küken in ihren ersten Lebenswochen fast ausschliesslich aus Arthropoden wie Käfer, Heuschrecken, Zweiflügler, Schmetterlingslarven und Hautflügler (Boschert, 2006).

Arthropoden enthalten 40-60% Proteine, was im Vergleich zu Pflanzen ein sehr hoher Gehalt ist. Tierische Eiweisse sind zudem verdaulicher als pflanzliche (Tor K. Spidsø 1980). Ein entsprechend hoher Anteil an Invertebraten in der Ernährung von hühnerartigen Küken wird für das Wachstum als entscheidend angesehen, zumal die Proteine von Beginn weg für ein gesundes Wachstum benötigt werden (Ehrlinger, 2007).

Anhand von Untersuchungen mit Vögeln konnte aufgezeigt werden, dass die Gruppe der Invertebraten eine Effizienz der Energieumwandlung (Assimilationseffizienz) von 65-86% haben (Castro et al., 1988). Dies bedeutet eine hohe Effizienz wenn man bedenkt, dass in der Regel meist weniger als 75% der Energie der aufgenommenen Nahrung assimiliert wird (Castro et al., 1988). Somit erhalten Küken aus Arthropoden eine hohe Menge an Energie, welche in das Wachstum investiert werden kann (Castro et al., 1988).

### Hauptnahrung der Auerhuhnküken

Viele Arthropoden wie Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidopteralarven und Oligochaeta (Wegge & Kastdalen, 2007) dienen als Nahrung für die Küken. Jedoch zeigte sich in verschiedenen Studien (Picozzi et al., 1999), (Wegge & Kastdalen 2007), dass Küken in den ersten drei Wochen Schmetterlingslarven als Beutetiere bevorzugen (Picozzi et al., 1999). Ältere fressen mehrheitlich weitere Arthropodengruppen wie Ameisen, Spinnentiere oder Zweiflügler (Picozzi et al., 1999). Dies gilt jedoch nicht generell. Es gibt deutliche regionale Unterschiede zwischen den einzelnen Lebensräumen. Während Auerhuhnküken Lebensräume bewohnen mit hoher Dichte an Heidelbeersträuchern, auf denen sich viele Larven befinden (Bollmann, 2008), halten sich Moorschneehühner vor allem in feuchten und sumpfigen Moorlandschaften auf (Park et al., 2000). Wie bei den Auerhuhnküken scheint die Verfügbarkeit an Invertebraten positiv mit der Wachstumsrate der Moorschneehühner zu korrelieren (Park et al., 2000). Allerdings gehören hierbei von Anfang an Schnaken und Rüsselkäfer zu den bevorzugten Beutetieren, welche in diesen Gegenden eine hohe

Abundanz aufweisen (Park et al., 2000). Anscheinend stellt der Faktor der Verfügbarkeit verschiedener Arthropodengruppen, wie auch die Beschaffenheit eines Lebensraumes, einen Zusammenhang dar zu deren Bevorzugung als Beutetiere.

Wichtig zu erwähnen ist, dass in Regionen in welchen Schmetterlingslarven bevorzugt werden, kein direkter Zusammenhang besteht zwischen der Abundanz an Larven und dem Bruterfolg der Hennen (Picozzi et al., 1999). Dieser ist generell ziemlich gering, was zeigt, dass zusätzlich noch andere Faktoren als nur die Verfügbarkeit von Larven für das Überleben von Küken eine Rolle spielen. So hat zum Beispiel auch die die Grösse der Larven wie auch die Verfügbarkeit von anderen Arthropoden einen Einfluss (Picozzi et al., 1999).

### **Ziel der Arbeit**

All die obengenannten Gegebenheiten zeigen, dass es darauf ankommt was die Küken fressen. Um Auerhühner artgerecht zu fördern und deren Bestand langfristig zu sichern/stabilisieren ist es deshalb wesentlich die Unterschiede im Fressverhalten zu verstehen. Dabei genügt es nicht nur die regionalen Präferenzen für gewisse Beutetiere zu kennen. So weisen unterschiedliche Beutetiere auch unterschiedliche Mengen an Nährstoffe, Proteine, Fette und Kohlenhydrate aus. Damit liefern sie den Küken auch unterschiedlich viele Kalorien resp. unterscheiden sie sich auch in ihrer Güte als Energielieferanten.

Basierend auf diesen Überlegungen, ist das Ziel dieser Arbeit herauszufinden, welchen Nährwert die von Auerhuhnküken gefressenen Arthropoden aufweisen, resp. welche Arthropoden wie gut als Nahrung für die Küken geeignet sind. Es stellt sich zudem die Frage, ob die Küken auch ohne Schmetterlingslarven auskommen können und für welche Arthropoden sie sich in diesem Fall entscheiden müssten.

## 2 Methoden

Anhand der Informationen aus bereits vorhandenen Berichten und Untersuchungen wurde eine Publikationsanalyse erstellt, welche die wichtigsten Punkte für die Erklärung der Nahrungsökologie von Auerhuhnküken enthält. Die Ergebnisse wurden den zuvor erstellten Zusammenfassungen entnommen und verschiedenen Kapiteln zugeteilt. Die zu untersuchende Studie wurde ausgewählt aufgrund noch nicht geklärten Vermutungen und kaum vorhandenem Wissen darüber, was für einen Nährwert Arthropoden enthalten und welche Arthropodengruppen sich demnach am besten als Nahrung für Auerhuhnküken eignen. Es wurden Publikationen aus der Schweiz wie auch in anderen Teilen Europas analysiert.

### 2.1. Datenbanken

Die in dieser Arbeit genutzten Informationen wurden aus wissenschaftlichen Berichten entnommen. Folgende Datenbanken wurden für die Recherche verwendet:

- <http://scholar.google.com>
- [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [www.nebis.ch](http://www.nebis.ch)
- [www.ethbib.ethz.ch/index.html](http://www.ethbib.ethz.ch/index.html)
- [www.nebis.ch](http://www.nebis.ch)
- <http://www.lib.ncsu.edu>
- [www.ebscohost.com](http://www.ebscohost.com)

## 2.2. Verwendete Suchbegriffe

### 2.2.1. Einzelne Schlagwörter

Die Suche nach den wissenschaftlichen Berichten erfolgte mit Hilfe von folgenden Schlagwörtern.

**Tabelle 1: Auflistung der verwendeten Schlagwörter für die Suche der wissenschaftlichen Berichte. Aufgelistet nach dem ABC (Quelle: Murièle Jonglez).**

| A                    | B             | C                              | E                 | F                      |
|----------------------|---------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|
| Abundance of Spiders | Brood success | Capercaillie                   | Energiebedarf     | Faecal analysis chicks |
| Ameisen              |               | Chick diet                     | Energetic content | Fettgehalt             |
| Aminosäuren          |               | Chick survival                 |                   | Fortpflanzung          |
| Arthropoden          |               |                                |                   |                        |
| Arthropods           |               |                                |                   |                        |
| Auerhühner           |               |                                |                   |                        |
| Auerhuhnküken        |               |                                |                   |                        |
| H                    | I             | K                              | N                 | P                      |
| Heidelbeere          | Inhaltsstoffe | Kaloriengehalt                 | Nahrungsökologie  | Proteine               |
|                      |               | Kohlenhydratgehalt             | Nährwert          | Proteingehalt          |
|                      |               |                                | Nährstoffe        |                        |
|                      |               |                                | Nutrition Facts   |                        |
|                      |               |                                |                   |                        |
| R                    | S             | T                              | W                 | Z                      |
| Raupen               | Spinnen       | <i>Tetrao urogallus</i>        | Wachstum          | Zweiflügler            |
|                      |               | <i>Tetrao urogallus chicks</i> |                   |                        |
|                      |               |                                |                   |                        |
|                      |               |                                |                   |                        |

Die aufgelisteten Stichwörter wurden einzeln genauso verwendet oder in unterschiedlicher Variation miteinander kombiniert, wie in Abbildung 1 veranschaulicht wird.

### 2.2.1. Kombination der einzelnen Schlagwörter

Für eine genauere Suche der einzelnen Themen wurden die Schlagwörter miteinander kombiniert.

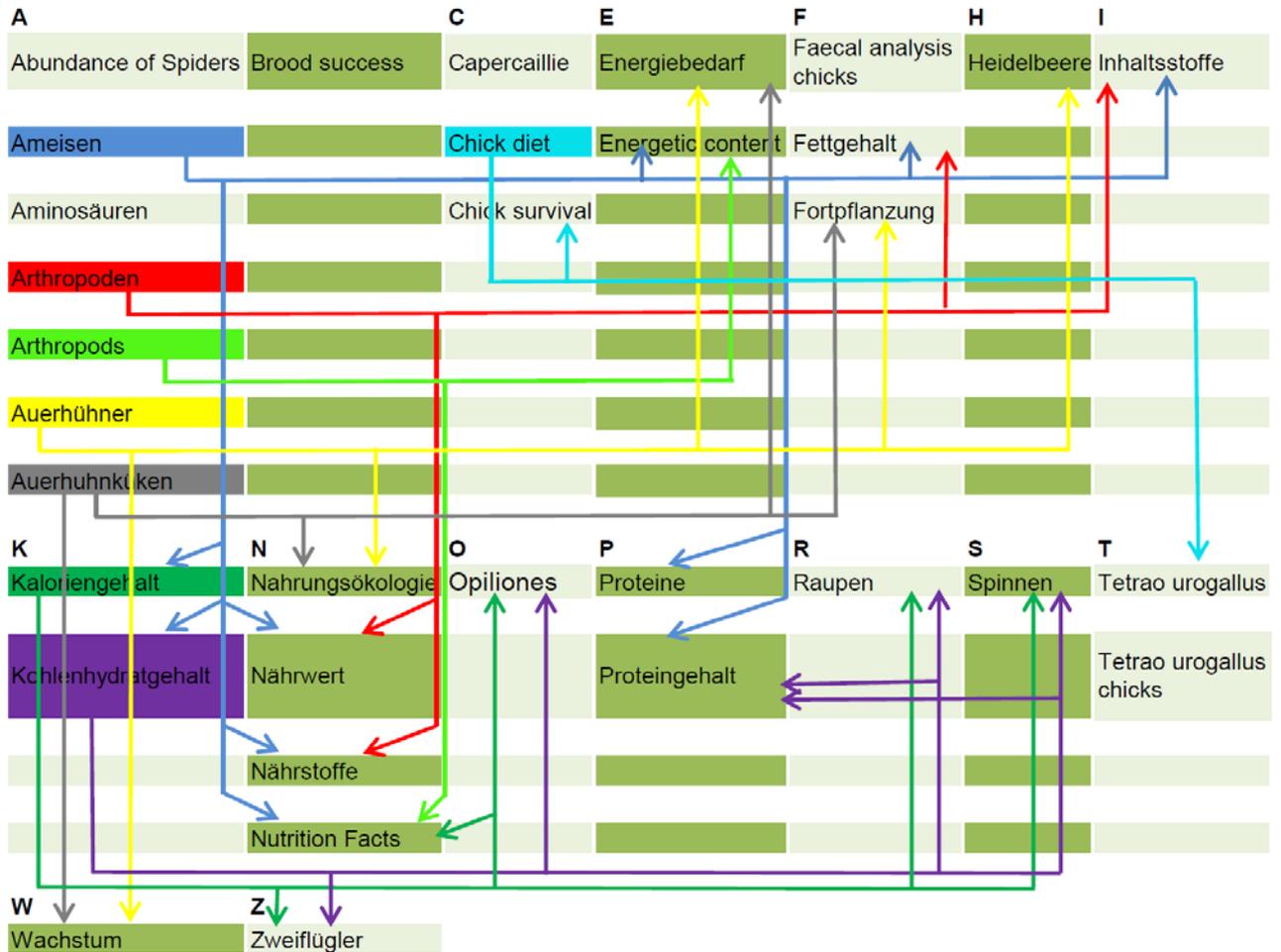


Abb. 1: Auflistung der verschiedenen Kombinationen der Schlagwörter für die Suche der wissenschaftlichen Berichte. Aufgelistet nach dem ABC (Quelle: Murièle Jonglez).

### 3 Fortpflanzungsökologie des Auerhuhns

Die bedeutendsten Kerngebiete der Auerhuhnpopulationen sind grossflächige und zusammenhängende Wälder der Moorlandschaften der Voralpen und der inneren alpinen Täler Graubündens. Das Auerhuhn hat eine enge Bindung an den Wald innerhalb seines Ausbreitungsgebietes. Heidelbeerstauden bieten gute Versteckmöglichkeiten und ein reiches Angebot an Wirbellosen, welche die wichtigsten Bestandteile der Kükennahrung in den ersten 3-4 Lebenswochen sind (Bollmann & Graf, 2008).

Hennen scheinen vor der Eiablage fast ausschliesslich die pollen- und nährstoffreichen Blütentriebe des scheidigen Wollgrases zu fressen. Später im Jahr bieten die gleichen Riedwiesen ein reichhaltiges Insektenangebot für die Küken nach dem Schlupf (Bollmann et al., 2008).

Eine Henne legt im Durchschnitt 5-12 Eier und die Brut dauert 26 bis 28 Tage. Nach dem Schlüpfen müssen die Küken etwa 14 Tage lang von der Henne gewärmt werden, bis sie selbst in der Lage sind ihre Körpertemperatur zu halten. Jedoch können sie meist nur einige Minuten sich von der wärmenden Mutter entfernen, um Futter zu suchen. Dies bedeutet, dass nebst einer Störungsarmut auch die Witterung eine wichtige Rolle spielt während des Wachstums der Küken. Denn bei schlechter Witterung ist es nicht nur kalt und die Küken müssen gewärmt werden, sondern die Arthropoden sind weniger erreichbar (Klaus et al., 1989).



Abb. 2: Eier von Auerhuhnküken (Quelle: [www.de.m.wikipedia.org](http://www.de.m.wikipedia.org))

### 3.1. Nahrung der Küken

Auerhühner ernähren sich von vielen verschiedenen Arthropodengruppen. Es werden hauptsächlich Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera (Larven) und Oligochaeta am häufigsten gefressen (Wegge & Kastdalen, 2007).

Laut Picozzi et al. (1999) jedoch gehören Schmetterlingslarven, Ameisen und Spinnentiere zu den wichtigsten Arthropoden in der Nahrung der Auerhuhnküken.

Die Hauptnahrung der Küken in ihren ersten Lebenswochen besteht demnach fast ausschliesslich aus Arthropoden (Boschert 2006). In den ersten Lebenswochen ist proteinreiches Futter wichtig für die Kükenentwicklung (Savory, 1989) und hat einen hohen Einfluss auf das Überleben der Küken (Picozzi et al. 1999). In den ersten zwei Lebenswochen beträgt der Anteil von Invertebraten in der Kükennahrung zwischen 50 - 90%. In der dritten bis vierten Woche werden noch über 50% verschlungen, während im zweiten Lebensmonat der Anteil an Invertebraten in der Nahrung auf 10 % sinkt (Savory, 1989).

Die bevorzugten Schmetterlingslarven, Ameisen, Schnecken und Würmer werden vom Boden aufgenommen und ganz verschlungen (Klaus et al. 1989). Tierisches Protein ist in tierischer Ernährung oftmals verdaulicher als pflanzliches Protein. Dies bedeutet, dass nicht zu viel Energie, welche eigentlich aus der Nahrung gezehrt wird und dem Wachstum zur Verfügung stehen sollte, in die Verdauung investiert wird (Barboza et al., 2006).

Wird das Küken älter, ändert sich die Nahrung. Die Aufnahme von Larven wird weniger, während andere Arthropoden zunehmen (Picozzi, 1999).



**Abb. 3: *Lepidoptera larvae***  
(Quelle: <http://www.schmetterling-raupe.de>)



**Abb. 4: *Käfer Coleoptera***  
(Quelle: <http://www.insecte.org>)



**Abb. 5: Spinnentiere Arachnida**  
(Quelle: <http://commons.wikimedia.org>)



**Abb. 6: Ohrwürmer Dermaptera**  
(Quelle: <http://www.nv-zofingen.ch>)



**Abb. 7: Ameisen Formicidae**  
(Quelle: <http://commons.wikimedia.org>)



**Abb. 8: Schnabelkäfer Mecoptera**  
(Quelle: <http://www.natur-lexikon.com>)



**Abb. 9: Hunderfüsser Chilopoda**  
(Quelle: <http://www.tagesschau.sf.tv>)



**Abb. 10: Hautflügler Hymenoptera**  
(Quelle: <http://commons.wikimedia.org>)



**Abb. 11: Heuschrecken *Saltatoria***  
(Quelle: <http://www.natur.im/.php>)



**Abb. 12: Zweiflügler *Diptera***  
(Quelle: <http://upload.wikimedia.org>)

## 4 Was braucht ein Küken für das Wachstum

Frischgeschlüpfte Küken haben zu Beginn einen hohen Glykogengehalt in den Muskeln, welcher aber dann innerhalb von 30 Tagen auf einen relativ konstanten Level sinkt. Ein rasches frühes Wachstum der Beinmuskulatur benötigt die grösste Wärmeproduktion unmittelbar nach dem Schlüpfen, daher wird nur ein kleiner Teil der aufgenommenen Energie ins Wachstum gesteckt, dafür mehr in den Aufbau der Beinmuskeln (Saarela, 1990).

Dies hat zur Folge, dass weniger Energie für das Wachstum der Brustmuskulatur und damit für die rasche Erreichbarkeit der Flugfähigkeit übrig bleibt. Der Glykogengehalt in den Muskeln dient auch als Energiereserve für das Wärmezittern. Nach 4 Wochen ist keine zusätzliche Heizquelle für die Thermoregulation mehr nötig (Saarela, 1990). Der Glykogengehalt ist somit in den ersten Wochen eine wichtige Komponente des Wachstums.

Ebenfalls ist eine genügende Zufuhr von verschiedenen Nährstoffen wie Proteine, Kalzium, Magnesium, Phosphor, Natrium, Fette und Kohlenhydrate für ein gesundes Wachstum nötig (Savory, 1989). Diese Nährstoffe sind wichtig für eine genügende Zufuhr an Energie (Levinson, 1976), für den Knochenaufbau (Hemme, 2004) wie auch für alle Stoffwechselprozesse (Das Internet - <http://www.dr-gumpert.de/html/natrium.html>; Abruf am 18.05.2013). Würden die von einem Küken benötigten Nährstoffe, welche in Tabelle 3 aufgelistet sind, in einer zu geringen Menge aufgenommen werden, könnte es zu schweren Mangelercheinungen kommen oder gar zum Tode eines Auerhuhnkükens (Voet et al., 2002). Vor allem Proteine sind als Bausteine des Lebens unverzichtbare Nährstoffe, welche regelmässig durch proteinreiche Nahrung aufgenommen werden müssen (Das Internet-<http://www.hint-horoz.de>; Abruf am 25.06.2012).

Der Schlüpfzeitpunkt scheint mit der Arthropodenverfügbarkeit zu korrelieren. Es gibt aber starke Hinweise, dass der Anteil an Arthropoden im Futter mit dem Alter und nicht mit der Verfügbarkeit zusammenhängt und damit veränderte Nährstoffbedürfnisse der Küken reflektiert (Savory, 1989), denn es gibt Daten, die zeigen, dass der Anteil an Invertebraten auch dann abnimmt, wenn es noch genügend Invertebraten zu fressen gäbe (Savory, 1989).

**Tabelle 2: Nährstoffbedarf eines Kükens für einen Tag** (Quelle: Savory, 1989).

|                        | Tagesbedarf der Küken (Woche 1-4) (g/kg Trockenmasse, *kJ/g) |
|------------------------|--|
| Rohproteine            | 90-280   |
| Methionin              | 5-9  |
| Umsetzbare Energie     | 11-13  |
| Lösliche Kohlenhydrate | ...  |
| Rohfett                | ...  |
| Rohballaststoffe       | ...  |
| Kalzium                | 5-12   |
| Phosphor               | 4-8  |
| Kalium                 | 2-4  |
| Natrium                | 1.5-2  |

Die Relevanz der in der Tabelle 3 erwähnten Nährstoffe werden im Kapitel 4.1 - Bedeutung einzelner Nährstoffe - genauer erklärt und es werden auch weitere, für das Wachstum wichtige Nährstoffe erwähnt.

## 4.1. Bedeutung einzelner Nährstoffe

### 4.1.1. Proteine

Invertebratenprotein hat eine höhere Verdaulichkeit als pflanzliches Protein und ist reich an den Aminosäuren Methionin und Cystein, welche wichtig für das Federwachstum sind. Diese Aminosäuren sind in Pflanzen nicht ausreichend vorhanden (Savory, 1989).

Das Eiweiss ist ein Baustein aller lebenden Organismen und besteht aus vielen Aminosäuren, von denen einige nur in Pflanzen und andere nur in Tieren vorkommen. Die meisten Enzyme steuern alle körperlichen Vorgänge und bestehen aus Proteinen. Letztere sind Bestandteile von verschiedenen Gewebearten wie z.B. Knochen, Muskeln, für deren Auf- und Abbau sie verantwortlich sind. Sie sind aber nicht nur Baustoffe, sondern regeln auch das Abwehrsystem des Körpers und steuern Stoffwechselforgänge. Da die Körperzellen ständig neu aufgebaut und erneuert werden, ist das Huhn auf die regelmäßige Zufuhr von Eiweißen angewiesen (Das Internet - <http://www.hint-horoz.de>; Abruf am 25.06.2012). Proteine haben in allen Muskelfasern strukturelle Funktionen wie Hormone,

Enzyme, Antikörper oder übernehmen die Funktion als Transportmoleküle und Gerinnungsfaktoren. Weiter brauchen Tiere Proteine als Energie während der Migration, Hibernation und während der Produktion von Eiern und Milch (Barboza et al., 2006).

Schmetterlingslarven sind mit einem Proteingehalt von 60% die grössten Proteinlieferanten unter den bevorzugten Arthropoden (Savory, 1989).

#### **4.1.2. Kohlenhydrate**

Kohlenhydrate sind Nahrungsbestandteile der Larven vieler Insektenarten und sind eine wichtige Quelle chemischer Energie. Oft können sie aber auch ersetzt werden durch Aminosäuren oder durch Fettsäuren. Der optimale Kohlenhydratgehalt der Nahrung ist für das Wachstum der Arten sehr unterschiedlich (Levinson, 1976).

Diese Nährstoffe sind wichtig für die Struktur und Funktion des tierischen Gewebes. Die Glukose, welche als Einfachzucker zu den Kohlenhydraten gehört, bietet die zentrale Achse für den Energiefluss in tierischen Zellen. Sind Kohlenhydrate im Überfluss vorhanden, wird Glykogen in den Leber- und Muskelzellen aufgebaut und gespeichert. Wird Energie gebraucht, wird dieser Glykogenspeicher abgebaut. Räuber nutzen diese Energie von Glykogen in Muskeln um deren Beute zu jagen (Barboza et al., 2006). Kohlenhydrate dienen somit als grosse Energietanks (Barboza et al., 2006).

#### **4.1.3. Aminosäuren**

Nahrungseiweiß ist aus verschiedenen Bausteinen, den Aminosäuren, zusammengesetzt. Es gibt 22 verschiedene Aminosäuren, welche die Bausteine der Proteine bilden. Der Proteingehalt des Futters kennzeichnet den Gehalt des Futters an lebensnotwendigen Bestandteilen für das Wachstum des Geflügels. Sie sind lebensnotwendige Futterinhaltsstoffe für den Aufbau der Körpersubstanz. Die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein haben beim Geflügel eine herausragende Bedeutung. Sie sind wichtig für eine gute Ausbildung des Federkleides und sind in Pflanzen nicht ausreichend vorhanden. Methionin ist als schwefelhaltige Aminosäure eine organische Schwefelquelle für den Körper. Es ist Bestandteil des Hämoglobins und vieler Körpergewebe. Es unterstützt die schnelle Wundheilung und ist an der Synthese vieler wichtiger Substanzen im Körper beteiligt. Cystein hingegen hat eine antioxidative Wirkung (Das Internet - <http://www.hint-horoz.de>; Abruf am 25.06.2012). Eine Reihe von Aminosäuren können von den meisten Organismen nicht selber synthetisiert werden und müssen von externen Quellen zugeführt werden (Levinson, 1976).

#### 4.1.4. Fette

Besonders vor Perioden ohne Nahrungsaufnahme lagern viele Tiere grössere Fettmengen in geeigneten Geweben ab, um diese kalorienreichen Reservestoffe (9,1-9,3 kcal/g) bei Bedarf wieder abzubauen. Ausser ihrer Funktion als Energiereserven haben die Lipide die Aufgabe, als mechanischer Schutz und Isolierung der Körperdecke zu dienen. Daneben werden Fettsäuren als Bausteine der Phospholipide gebraucht, welche für die Funktion der Zellmembranen unentbehrlichen sind (Levinson, 1976). Fettreiche Nahrung wird meist bevorzugt, da Lipide mehr Energie als Kohlenhydrate oder Proteine enthalten. Lipide werden in Zusammenhang mit dem Überleben und der Reproduktion von Tieren gestellt, da sie für den Winter, Migration, Kälteperiode, Inkubation und Laktation gebraucht werden. Fettsäuren sind Teil vieler Funktionen von Membranen in Blutzellen, Blutgefässen, Haut, Nerven und Muskeln. Sie sind ebenfalls wichtig während der Entwicklung des Hirnes und der Augenentwicklung (Barboza et al., 2006).

#### 4.1.5. Ameisensäure

Aminosäure senkt den pH-Wert im Magen und beschleunigt die Resorption, was sich positiv auf die Verdaulichkeit von Proteinen und Energie auswirkt (Ehrlinger, 2007). Genauso besitzen die antimikrobiellen Eigenschaften der Ameisensäure verdauungsfördernde Komponente und stellen damit einen weiteren Wirkungspfad für die Steigerung des Wachstums durch die Säure dar, da durch Verminderung der intestinalen Flora dem Wirtstier mehr Nährstoffe und Energie zur Verfügung stehen. Durch diese Mechanismen wird ferner ein günstiger Einfluss auf die Effizienz des Stoffwechsels ausgeübt (Ehrlinger, 2007).

Ameisen besitzen zudem einen grösseren Vitamin C-Gehalt als kleine Raupen (Banjo et al., 2005). Dies im Zusammenhang mit der Ameisensäure, welche eine eindeutige positive Auswirkung auf die tägliche Zunahme und die Futterverwertung von Küken aufweist (Ehrlinger, 2007), veranschaulicht wie wichtig Ameisen als Nahrung sind indem sie aufgrund ihrer Eigenschaften die Überlebenschance der Jungen erhöhen, da sie weniger anfällig sind auf Krankheiten sind (Ehrlinger, 2007).

#### 4.1.6. Vitamin B<sub>12</sub>

Viele Organismen können bestimmte Bestandteile essentieller Coenzyme nicht selbst synthetisieren. Diese Substanzen müssen über die Nahrung aufgenommen werden und werden daher als Vitamine bezeichnet. Vitamin B<sub>12</sub> gehört zu einer Vitaminvorstufe und wird im Darm durch ein Glykoprotein gebunden und über die Darmschleimhaut in die Blutbahn

transportiert. Dort wird es freigesetzt. Ein Mangel an Vitamin B12 im Blut kann zu Blutarmut führen und im schlimmsten Fall sogar zum Tod. Vitamin B12 kommt nicht in Pflanzen vor und muss daher über tierische Nahrung aufgenommen werden (Voet et al. 2002). Arthropoden sind die wichtigste Quelle für Vitamin B12 und Vitamin C (Savory, 1989).

## 4.2. Anorganische Komponente

Zu den obengenannten wichtigen organischen Nährstoffen haben Minerale während der Entwicklung eines Kükens ebenso eine wichtige Funktion. Die folgende Tabelle 4 zeigt die verschiedenen Funktionen der aufgelisteten Minerale.

**Tabelle 3: Funktion der Minerale** (Quelle: Barboza et al., 2006).

| Name      | Chemische Funktion           | Körperfunktion                                  |
|-----------|------------------------------|---|
| Sodium    | Gradient                     | Nerven, Muskeln, Körperflüssigkeitsvolumen      |
| Potassium | Gradient                     | Nerven, Muskeln, Säure-Basen-Gleichgewicht      |
| Calcium   | Aktivierungskaskade          | Nerven und Muskeln, Knochen, Zähne, Eierschalen |
| Phosphor  | Verknüpfung, Energiespeicher | Membranen, Metabolismus, RNA und DAN            |
| Magnesium | Aktivierungskaskade          | Energiemetabolismus                             |
| Natrium   | Signalübertragung            | Nervensystem                                    |

### 4.2.1. Magnesium

Da Magnesium in Organismen allgegenwärtig ist, beeinflusst ein Mangel zahlreiche Stoffwechselvorgänge. Es wird für alle enzymatischen Reaktionen benötigt, deren Substrat aus Nukleotiden besteht. Ausserdem trägt Magnesium durch seine Bindung an die Phosphatgruppen zur Erhaltung der Struktur von DNA und RNA bei. Eine wichtige Funktion

erfüllt das Magnesium beim Knochenaufbau und der Skelettmuskulatur. Ein ständiger Mangel an Magnesium wirkt sich negativ auf die Gesundheit und die Entwicklung eines Organismus aus (Das Internet - [http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf\\_d/2003/2003-27/2003-27-351.PDF](http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf_d/2003/2003-27/2003-27-351.PDF); Abruf 5.05.2013). Raupen weisen den höchsten Gehalt an Magnesium auf, somit sind sie unverzichtbare Magnesiumlieferanten, wobei Spinnentiere ebenfalls hohe Mengen an Magnesium mit sich bringen (Schowalter & Crossley 1983).

#### **4.2.2. Kalzium**

Kalzium ist ein wichtiger Bestandteil der Knochen, in denen über 97 % des Kalziums vorkommt. Weiterhin spielt es bei der Reiz- und Erregungsüberleitung, der Blutgerinnung und der Muskelarbeit eine wichtige Rolle. Zudem ist Kalzium für die Bildung der Eischalen bzw. der Milch von entscheidender Bedeutung. Bei geringfügigen Veränderungen des Kalziumspiegels im Blut erfolgt eine Diffusion des in ionisierter Form vorliegenden Kalziumanteils. Der andere, nicht diffusionsfähige Teil des Kalziums liegt an Proteine gebunden vor. Calcitonin fördert nebst dem Knochenaufbau auch die Elimination von Phosphor durch die Niere. Eine ungenügende Versorgung mit Kalzium führt zu Erkrankungen des Bewegungsapparates wie z.B. Rachitis (Knochenweichheit, Spontanfrakturen) oder tibiale Chondrodysplasien (Knorpeldegeneration mit folgender Lahmheit und Festliegen der Tiere) (Hemme, 2004).

Sowohl Spinnentiere wie viele Raupen beinhalten einen hohen Kalziumgehalt (Schowalter & Crossley 1983).

#### **4.2.3. Natrium**

Natrium gehört zu den lebenswichtigen Elektrolyten (Salzen). Über Natrium werden viele wichtige Stoffwechselprozesse reguliert (Das Internet - <http://www.dr-gumpert.de/html/natrium.html>). Das Nervensystem benötigt Natrium zur effektiven Kommunikation und Koordination von vielen Körperteilen. Ohne ausreichende Mengen an Natrium können die elektrischen Signale in den Nervenzellen nicht entstehen bzw. übertragen werden und das Nervensystem funktioniert nicht mehr richtig. Für die Muskelfunktion ist Natrium in ähnlicher Art nötig. Muskeln brauchen ständig leichte elektrische Stimulation aus dem Nervensystem, um ihre Form und richtige Funktion zu erhalten (Das Internet - <http://www.powerbar.de/articles/80/natrium-eine-genauere-betrachtung.aspx>; Abruf 9.07.2012). Eine beachtliche Menge an Natrium findet man in Spinnentiere, da sie Höchstwerte an Natrium aufweisen (Schowalter & Crossley 1983).

#### 4.2.4. Phosphor

Ein hohes Wachstum kann nur bei optimaler P-Versorgung erreicht werden. Der P-Bedarf kann nicht allein durch den in pflanzlichen Komponenten enthaltenen Phosphor gedeckt werden und muss über tierisches Protein aufgenommen werden.

Phosphor ist ein wichtiger Bestandteil der Knochen, in denen über 80 % des Phosphors gespeichert sind. Als Bestandteil der Nukleinsäuren ist Phosphor für die Übertragung genetischer Informationen sowie für den Energiehaushalt und Hormonstoffwechsel unentbehrlich. Im Blut dient Phosphat zudem als Puffersubstanz und liegt zum größten Teil als anorganisches Phosphat vor. Der Kalzium- und P-Stoffwechsel ist eng verknüpft. Eine Phosphorunterversorgung kann wie beim Kalziummangel zu Rachitis oder Tibiale Chondrodysplasien führen (Hemme, 2004).

#### 4.3. Verwertbarkeit der Nährstoffe

Einzelne Nährstoffe sind zwar wichtig für das Wachstum, können aber für ein Küken schwer zu verwerten sein.

Proteine der Arthropoden sind in der Regel verdaulicher als pflanzliches Protein (Savory, 1989). Wird eine zu grosse Menge der Beute auf einmal aufgenommen, limitiert dies die weitere Nahrungsaufnahme, weil es den Verdauungstrakt für eine längere Zeit besetzt (Barboza et al., 2006).

Eine Nahrung, die unempfindlich ist gegen Chemikalien oder eine geringe Dichte von Nährstoffen oder Energie beinhaltet, benötigt sowohl mehr Zeit um abgebaut zu werden wie auch eine höhere Muskelanstrengung um zu desaggregieren. Dies kann dazu führen, dass aufgrund dessen ein Tier weniger Nahrung pro Tag aufnehmen kann und dementsprechend weniger Energie (Barboza et al., 2006).

Bei einer leicht verdaulichen Nahrung spricht man von einer hochwertigen Nahrung, da sie wenig Zeit und Energie braucht um in das Gewebe der Tiere zu konvertieren. Nahrung die weniger hochwertig ist, ist schwieriger zu verdauen, ist aber meistens häufiger vorhanden in der Umwelt als hochwertige Nahrung (Barboza et al., 2006).

Die Nahrungsaufnahme steigt exponentiell wenn die Verdaulichkeit sinkt, aber sie wird durch die zur Verfügung stehende Zeit für die Nahrungssuche, die Kapazität des Verdauungstraktes und der Zeit für die Verdauung beschränkt (Barboza et al., 2006).

Bei Erhöhung der Grenze für die Nahrungsaufnahme, ist das Tier in der Lage, eine größere Palette von Verdaulichkeit zu verwenden und toleriert somit auch weniger hochwertige Nahrung um die gleichen Anforderungen zu erfüllen. Für das Wachstum oder für die Reproduktion braucht es v.a. leicht verdauliche Nahrung (Barboza et al., 2006).

## 5 Nährwerte der wichtigsten Arthropodengruppen

Viele Arthropoden decken praktisch den ganzen Tagesbedarf der geforderten Nährstoffe eines Kükens und liefern somit einen hohen energetischen Nutzen, wie in Tabelle 5 gut aufgezeigt wird. Die meisten Arthropoden liefern mehr Nährstoffe als ein Küken pro Tag braucht.

Bei insgesamt 300g Ameisen, Spinnentieren und Schmetterlingslarven liefern allein diese drei Arthropodengruppen 112g Proteine und können bereits den Tagesbedarf an Proteinen decken. In Tabelle 6 werden zusätzlich die Fettanteile und Kohlenhydratgehalte aufgezeigt.

Aufgrund der Angaben von Picozzi (1999), dass sich Auerhuhnküken mehrheitlich von Schmetterlingslarven, Ameisen und Spinnentiere ernähren, konzentriere ich mich in den folgenden Kapiteln auf diese drei Arthropodengruppen.

**Tabelle 4: Nährstoffgehalt in Arthropoden im Vergleich zum Tagesbedarf eines Kükens** (Quelle: Savory, 1989).

|                        | Arthropoden<br>(g/kg Trockenmasse, *kJ/g) | Tagesbedarf der Küken (Woche 1-4)<br>(g/kg Trockenmasse, *kJ/g) |
|------------------------|---|---|
| Rohproteine            | 520-700                                   | 90-280  |
| Methionin              | 10-16                                     | 5-9   |
| Umsetzbare Energie     | 10-14                                     | 11-13   |
| Lösliche Kohlenhydrate | < 10-240                                  | ....  |
| Rohfett                | 30-110                                    | ....  |
| Rohbalaststoffe        | <10-100                                   | ....  |
| Kalzium                | 1-6                                       | 5-12  |
| Phosphor               | 8-9                                       | 4-8   |
| Kalium                 | 2-12                                      | 2-4   |
| Natrium                | 1   | 1.5-2   |

**Tabelle 5: Nährstoffgehalt der bevorzugten Arthropoden** (Quelle: (Kramer, 1975), (Das Internet - <http://www.planetscott.com/babes/nutrition.asp>; Abruf am 20.5.13)).

|                      | Durchschnittsgewicht<br>in mg | Anteil der<br>Kohlenhydrate<br>in % | Proteingehalt<br>in % | Fettanteil<br>in % | kcal/100g |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| Ameisen              | 7                             | ---                                 | 36                    | 7                  | 207       |
| Schmetterlingsraupen | 100-200*                      | 18.2                                | 60                    | 15                 | 447       |
| Spinnentiere         | 300                           | ---                                 | 16                    | 8.5                | 90        |

\* 1-3. Lebenswoche

Raupen haben am meisten Kalorien und sind somit wichtige Energielieferanten.

## 6 Eignung der einzelnen Arthropoden für das Wachstum

Larven enthalten gegenüber anderen Arthropoden wie Ameisen und Spinnen am meisten Proteine. Eine hohe Menge an Proteinen scheint während des Anfangsstadiums des Wachstums eine wichtige Rolle zu spielen. 20 Tagen nach dem Schlüpfen werden hauptsächlich Weberknechte gefressen (Picozzi, 1999). Der Verdauungstrakt der Küken stellt sich im Verlauf des Herbstes auf schwerverdauliche Winternahrung um indem sich unter anderem das Volumen des Blinddarms vergrössert (Siano et al. 2011).

Vergleicht man die Werte der Tabelle 4 in Kapitel 5 mit dem Tagesbedarf, erkennt man, dass bei einem zwei Wochen alten Küken mit einem Gewicht von etwa 200g (Pis, 2002), 100g Raupen (Individualgewicht 100mg) den grössten Energielieferant bedeuten, indem sie bereits bis zu zwei Drittel (60g) des benötigten Tagesbedarfes an Proteinen liefern. Die Tabelle 7 zeigt ebenfalls dass Raupen mehr als zwei Drittel ihres Körpergewichtes an Proteinen aufweisen, gefolgt von den Ameisen, welche trotz ihrer kleinen Grösse einen beträchtlichen Teil an Proteinen hervorbringen.

**Tabelle 6: Ungefährer Nährstoffgehalt in 100g Arthropoden** (Quellen: (Bukkens, 2010), (Das Internet - <http://www.planetscott.com/babes/nutrition.asp>; Abruf am 20.5.13), (Schowalter & Crossley, 1983), (Banjo et al.,2005)).

| Nährstoffe    | 100g Raupen: | 100g Ameisen: | 100g Spinnentiere:              |
|---------------|--------------|---------------|---------------------------------|
| Kohlenhydrate | 18.2g        | ---           | ---                             |
| Proteine      | 60g          | 36g           | 16g                             |
| Fette         | 15g          | 7g            | 8.5g                            |
| Phosphor      | 111mg        | 114           | ---                             |
| Kalzium       | 8.24mg       | 35mg          | Sehr hoher Gehalt an Kalzium*   |
| Magnesium     | 1.87mg       | 1mg           | Sehr hoher Gehalt an Magnesium* |
| Natrium       | 75mg         | 160mg         | Höchster Gehalt an Natrium      |

\* Die genauen Werte konnten nicht eruiert werden.

Raupen liefern zwar den höchsten Gehalt an Proteinen und Fette, jedoch beinhalten Ameisen und Spinnentiere mehr Kalzium, Phosphor, Magnesium und Natrium. Spinnentiere weisen sogar den höchsten Gehalt an Natrium auf. Diese Komponenten sind für das Wachstum der Küken ebenfalls essentiell (siehe Kapitel 4.2.; Anorganische Komponente).

**Tabelle 7: Ranking der drei Arthropodengruppen Raupen, Ameisen und Spinnentieren**  
(Quellen: (Murièle Jonglez), (Barboza et al., 2006))

| 1. Platz                 | 2. Platz                | 3. Platz                    |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Raupen<br>447.8kcal/100g | Ameisen<br>207kcal/100g | Spinnentiere<br>90kcal/100g |

Wie Tabelle 8 aufweist, liefern Raupen die grösste Menge an leicht verdaulicher Energie. Aufgrund dessen könnte man also meinen, dass sich Schmetterlingsraupen als Nahrung am besten für Küken eignen im Vergleich zu Ameisen oder Spinnen.

### 6.1. Energiebilanz bei Aufnahme eines Individuums einer Arthropodengruppe

Das interessante ist nicht nur zu wissen wie viele Kalorien 100g einer bestimmten Arthropodengruppe mit sich bringt, sondern v.a. wie viel Energie ein Küken mit einem Schnabelpick, sprich mit einer aufgenommenen Raupe oder Ameise zu sich nimmt. Somit kann man deutlich einen Vergleich ziehen zwischen den Arthropodengruppen um herauszufinden, ob Raupen mengenmässig zum Beispiel überhaupt durch Ameisen ersetzbar wären und wie viele Ameisen ein Küken in diesen Fällen fressen müsste, um schlussendlich den gleichen Nährwert zu erhalten, wie wenn es Raupen fressen würde.

Tabelle 9 zeigt den individuellen Kaloriengehalt der einzelnen Arthropodengruppen. Es wurden nur die Nährstoffe Fette, Proteine und Kohlenhydrate berücksichtigt, da diese die meisten Kalorien mit sich bringen.

Die Berechnungen in der Tabelle 9 wurden mit folgenden Werten berechnet:

Fett=9kcal/g - Protein=4kcal/g - Karbonhydrate=4kcal/g (Barboza et al., 2006)

**Tabelle 8: Kalorienaufnahme eines Küken bei einem Pick einer Arthropodengruppe** (Quellen: (Murièle Jonglez), (Kramer, 1975), ( Das Internet - <http://www.planetscott.com/babes/nutrition.asp>; Abruf am 20.5.13)).

|                                    |                                  |                    |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>1 Pick Ameise (7mg)</b>         |                                  |                    |
| Fett:                              | 0.00049g * 9kcal/g = 0.0044 kcal |                    |
| Protein:                           | 0.00252g * 4kcal/g = 0.01 kcal   | <b>0.0145 kcal</b> |
| Kohlenhydrate*:                    | -----g * 4kcal/g = 0.01kcal      |                    |
| <b>1 Pick Raupe (100mg)</b>        |                                  |                    |
| Fett:                              | 0.015g * 9kcal/g = 0.135 kcal    |                    |
| Protein:                           | 0.060g * 4kcal/g = 0.24 kcal     | <b>0.447 kcal</b>  |
| Kohlenhydrate:                     | 0.018g * 4kcal/g = 0.072 kcal    |                    |
| <b>1 Pick Spinnentiere (300mg)</b> |                                  |                    |
| Fett:                              | 0.025g * 9kcal/g = 0.00441kcal   |                    |
| Protein:                           | 0.048g * 4kcal/g = 0.01kcal      | <b>0.270 kcal</b>  |
| Kohlenhydrate3:                    | -----g * 4kcal/g = 0.01kcal      |                    |

\*Angaben fehlen

Die Resultate der Tabelle 9 zeigen auf der Ebene der einzelnen Individuen im Vergleich zur Tabelle 8 ein anderes Ranking. Die Spinnentiere sind mit 0.207kcal/Individuum an zweiter Stelle während die Ameisen nun auf dem letzten Platz liegen.

**Tabelle 9: Ranking der drei Arthropodengruppen bezüglich Kalorienanzahl pro Individuum**

(Quelle: Murièle Jonglez).

| 1. Platz                       | 2. Platz                              | 3. Platz                         |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Raupen<br>0.447kcal/Individuum | Spinnentiere<br>0.270kcal/ Individuum | Ameisen<br>0.145kcal/ Individuum |

## 7 **Schlusssynthese**

Kohlenhydrate, Fette und Proteine kurbeln die Verdauung der Auerhuhnküken an. Der enthaltene Kohlenstoff wird oxidiert wobei chemische Energie in Form von NADH, FADH und ATP freigesetzt wird. Diese wiederum unterstützt physische Aktivitäten wie die Fortbewegung und Thermoregulation, aber auch die Produktion von Federn und Eiern (Barboza, 2006). Kohlenhydrate und Proteine werden wiederum in Fette umgewandelt, was erlaubt Zucker in Körperfett umzuwandeln und dieses als Reserve für Herbst und Winter anzulegen (Barboza, 2006).

### **Vergleichende Literatur zur Rolle der Verfügbarkeit der Nahrung**

Häufigkeit und Konstanz im Vorkommen der Beutetiere sind zwei wesentliche Faktoren bei der Beurteilung ihrer Wertigkeit als Nahrung für Auerhuhnküken. So können einzelne Beutetiergruppen zu bestimmten Jahreszeiten oder bei manchen Altersstufen der Küken/ Vögel unterschiedlich wichtig sein (Boschert, 2006). Beim Kiebitz etwa variiert die Nahrungswahl stark, da diese sowohl vom Angebot als auch vom Lebensraum abhängig ist (Boschert, 2006).

Bei einer Untersuchung an Zugvögeln konnte aufgezeigt werden, dass Vögel welche sich vor dem Zug von fettarmer Kost ernährten, während dem Zug dafür am Tag etwa 40% mehr frassen als Vögel, welche sich zuvor von fettreicher Kost ernährt hatten (Podlesak & Mc Williams, 2007). Eine Kost kann also durch eine andere Kost ersetzt werden, allerdings könnte dies einen Mehraufwand bedeuten für Küken, je nach dem wie viel mehr Energie das Suchen einer anderen Kost benötigt.

Wie bereits erwähnt, ernähren sich auch Moorschneehuhnküken von anderen Arthropoden als Auerhuhnküken (Park et al., 2000). Schnaken und Rüsselkäfer gehören zu den bevorzugten Beutetieren und tragen zum Überleben der Moorschneehuhnküken bei (Park et al., 2000).

Eine Untersuchung von Wegge (2007) kam zu weiteren, interessanten Ergebnissen. Ein Vergleich der Nahrungsaufnahme von Auerhuhnküken und Birkhuhnküken zeigte, dass erstere während einer längeren Zeit und in grössere Mengen Arthropoden frassen als Birkhuhnküken und dabei auch schneller wuchsen. Überraschend ist, dass die Birkhuhnküken trotzdem schneller voll entwickelt waren, obwohl sie sich von schwerer verdaulichem Futter ernährt hatten. Somit waren sie auch früher als Auerhuhnküken fähig, Pflanzenmaterial zu fressen und zu verdauen. Die Auerhuhnküken wechselten auf pflanzliche Nahrung bereits bevor die Verfügbarkeit der Larven zu sinken begann. Somit

kann angenommen werden, dass der Wechsel von tierischer auf pflanzliche Nahrung nicht zwingend resp. ausschliesslich zusammenhängend ist mit einer saisonalen Verfügbarkeit von Larven, sondern auch mit der physiologischen Anpassung des Verdauungssystems zu tun hat (Wegge & Kastdalen, 2007). Ein grosser Unterschied zwischen den beiden Kükenarten ist deren unterschiedliches Habitat. Im Lebensraum von Auerhühnern kommen hauptsächlich Heidelbeersträucher vor, welche wiederum viele Insekten und Larven beherbergen. Birkhühner hingegen leben vor allem in kargeren, mit Föhren bewaldeten Sümpfen. Diese enthalten jedoch viele andere Insekten als Larven, von denen Birkhuhnküken wiederum profitieren (Wegge & Kastdalen, 2007).

Eine Studie zur Nahrungsökologie von Küken und Jungvögeln des grossen Brachvogels in Freiburg und Karlsruhe ergab, dass die Nahrungswahl von Brachvogelküken von mehreren Faktoren abhängig ist. Das jahreszeitliche und tageszeitliche wechselnde Nahrungsangebot hatte dabei den grössten Einfluss auf die Wahl der Nahrung. So wurden in frühen Morgenstunden bei Taunässe v.a. Regenwürmer gefressen. Diese machten 19.1% des gesamten Nahrungsspektrums aus. Im weiteren Tagesverlauf wurden vor allem Hautflügler bevorzugt. Sie machten den grössten Teil des Nahrungsspektrums aus. Im Gegensatz dazu waren Raupen mit einem Anteil von 11.4% eher untervertreten (Boschert, 2006).

### **Die Rolle der Grösse der Schmetterlingslarven**

Die ideale Ausschlüpfzeit der Küken ist nicht die während der grössten Verfügbarkeit der Larven, sondern ein paar Tage früher. Es wurde festgestellt, dass der Bruterfolg nicht positiv mit der Anzahl verfügbarer Larven korreliert, sondern von der Grösse der Larven abhängt. So war die Überlebensrate dort am grössten, wo die grössten Larven vorhanden waren, nicht dort, wo am meisten Larven vorkamen (Wegge & Kastdalen 2008).

Dieses Resultat wird damit erklärt, dass Küken „fette“ Larven eher wählen, weil sie diese einerseits einfacher finden, andererseits scheint es ernährungsmässig und damit energiemässig mehr zu bringen, weniger dafür umso „fettere“ Larven zu fressen als viele kleinere. (Wegge & Kastdalen 2008).

### **Vergleich der drei Arthropodengruppen**

Raupen von Schmetterlingen liefern mit 0.447 kcal/Raupe den grössten Energiegehalt für ein Küken. Auch sind sie die grössten Protein- und Fettlieferanten.

Jedoch bedeutet dies nicht, dass andere Arthropoden wie Ameisen oder Spinnentiere für das Wachstum eines Kükens keinen wesentlichen Beitrag leisten. Im Gegenteil. Während Raupen vor allem die für den Glykogenspeicher wichtigen Kalorien liefern, enthalten

Arthropoden nebst Proteinen, Kohlenhydraten und Fetten viele lebenswichtige Nährstoffe wie Kalzium, Phosphor, Natrium und Kalzium oder Ameisensäure (Schowalter & Crossley, 1983), (Savory, 1989), (Ehrlinger, 2007). Die Ameisensäure der Ameisen etwa wirkt im Verdauungstrakt der Küken antimikrobiell was hilft, den Energieverbrauch zu verringern. Zudem wirkt sich dies positiv auf das Immunsystem der Küken aus und die ebenfalls vorhandenen Antioxidantien schützen die Tiere während des Jungstadiums vor oxidativem Stress (Ehrlinger, 2007). Die antimikrobielle Wirkung der Ameisen(säure) ist also von Beginn weg von Bedeutung, da sie die Gefahr von Krankheiten senkt und die Überlebenschance der Küken erhöht (Ehrlinger, 2007).

Zusätzlich zu den bereits genannten Vorteilen haben Ameisen einen sehr hohen Anteil an Phosphor. Als wichtiger Bestandteil der Knochen wie auch der Nukleinsäuren und als Funktionsträger im Energiehaushalt ist Phosphor für das Wachstum der Küken eine unentbehrliche Komponente (Hemme, 2004). Nicht zuletzt haben Ameisen einen vierfach höheren Anteil an Kalzium als Raupen und tragen somit wesentlich mehr zum Knochenaufbau bei als diese (Hemme, 2004).

Bezüglich Natriumgehalts sind laut Schowalter & Crossley (1983) Spinnentiere Spitzenreiter. Damit sind sie für Küken besonders wichtig für die Regulierung der Stoffwechselprozesse (Das Internet - <http://www.dr-gumpert.de/html/natrium.html>; Abruf am 25.06.2012) wie auch für die Muskelfunktion (Das Internet - <http://www.powerbar.de/articles/80/natrium-eine-genauere-betrachtung.aspx>; Abruf 9.07.2012).

### **Die beste Nahrungswahl**

Ein Küken nimmt mit einem Pick Raupen am meisten Energie auf. Diese Kalorienmenge bezieht sich jedoch nur auf den Protein- und Fettgehalt, da Raupen v.a. sehr viele Proteine und Fette enthalten.

Proteine sind für ein gesundes Wachstum ganz klar unverzichtbar, wie auch die Fette. Wie bereits erwähnt, sind für ein gesundes Wachstum auch Nährstoffe wichtig, welche zum Teil in Spinnentieren und Ameisen in weitaus grösseren Mengen vorhanden sind als in den Raupen. Sie würden sich als Nahrungersatz ebenfalls eignen, vorausgesetzt sie sind in genügender Menge und zum richtigen Zeitpunkt verfügbar. Allerdings müsste ein Küken weitaus mehr Ameisen oder Spinnentiere fressen um auf den gleichen Protein- und Fettgehalt zu kommen.

Um denselben Proteingehalt einer Raupe mit Ameisen auszugleichen (siehe Tabelle 9) müsste ein Küken 23 Ameisen fressen. Da Ameisen meist in grossen Ameisenhaufen vorkommen, könnte diese Menge realistisch sein. Bei den Spinnentieren wären es nur 1.25 Individuen. Dies ist ein sehr geringer Mehraufwand.

Um dieselben Fettwerte zu erreichen, müssten knapp 31 Ameisen gefressen werden. Spinnentiere haben, im Verhältnis zu ihrer Körpergrösse einen höheren Fettgehalt als Raupen.

Beachtet man die essentielle Bedeutung der anorganischen Komponenten wie auch den wichtigen Anteil an Aminosäuren in Ameisen und vergleicht deren Menge in den einzelnen Arthropodengruppen, könnten die Ameisen und Spinnentiere den Raupen den ersten Platz im Ranking streitig machen. Wobei in Anbetracht des hohen Fett- und Natriumgehaltes wie auch des geringen Mehraufwands des Beutefangs im Vergleich zur Ameise, würden die Spinnentiere eher vor den Ameisen stehen. Raupen müsste man mit den Spinnentiere auf den ersten Platz setzen, da Raupen den höchsten Proteingehalt aufweisen und den geringsten Aufwand für den Beutefang bedeuten, was wiederum die Ameisen nach hinten stellt.

### **Fazit**

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Verfügbarkeit eines Beutetieres und der Lebensraum eine wesentliche Rolle bei der Nahrungswahl eines Kükens spielt.

Raupen als Kükennahrung nehmen zwar eine wesentliche Rolle für das Wachstum eines Kükens ein, dennoch sind diese je nach Lebensraum nicht unersetzlich. Zwar beinhalten sie eine hohe Menge an Proteinen und sind wichtige Energielieferanten, weitere Arthropoden aber sind durch deren zusätzlichen Nährstoffe für ein reibungsloses Wachstum unverzichtbare Nahrungsergänzungen oder gar einen Nahrungersatz. Ob eine Arthropodengruppe als Nahrungersatz oder Nahrungsergänzung eine Rolle spielt hängt einerseits vom Lebensraum und der Verfügbarkeit der Arthropodenart ab und andererseits von deren Menge an essentiellen Nährstoffen. Beinhalten sie mehr Fett und können sie den Küken mit einem geringen Aufwand des Beutefangs denselben Gehalt an Proteinen zufügen, könnte es durchaus sein, dass andere Arthropoden Schmetterlingslarven ersetzen.

Würden also zum Zeitpunkt des Schlüpfens der Küken anstatt Larven praktisch nur Ameisen oder Spinnen vorhanden sein, bestände die Möglichkeit, dass sich Küken hauptsächlich von diesen Arthropodengruppen ernähren würden.

Es gilt aber zu beachten, dass durch den eventuellen Mehraufwand mehr Ameisen zu sammeln, Küken dafür mehr Energie verbrauchen würden als wenn sie grosse Schmetterlingslarven fressen würden.

Um diesbezüglich noch genauere Angaben machen zu können, müsste man wissen, was der Stoffwechsel eines Kükens alles selber produzieren kann, um zu beurteilen, ob tatsächlich so viele Ameisen zusätzlich gefressen werden müssten.

Dies wäre aber Gegenstand einer weiterführenden Arbeit.

## Literaturverzeichnis

Banjo, A., Lawal, O., & Songonuga, E. (2006). The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. (A. Journals, Hrsg.) *African Journal of Biotechnology* (5 (3)), S. 298-301, Nigeria.

Barboza, P., Parker, K., & Hume, I. (2006). *Integrative Wildlife Nutrition*. Heidelberg: 2009 Springer-Verlag Berlin.

Das Internet - [http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf\\_d/2003/2003-27/2003-27-351.PDF](http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf_d/2003/2003-27/2003-27-351.PDF) ; Abruf 7.07.2012

Bollmann, K., Friedrich, A., Fritsche, B., Graf, R., Imhof, S., & Weibel, P. (2008). Kleinräumige Habitatnutzung des Auerhuhns *Tetrao urogallus* im Alpenraum. (D. o. Beobachter, Hrsg.) (105), S. 53-61.

Boschert, M. (2006). Wieseneinerlei oder Heuschreckenbeinchen: Zur Nahrungsökologie von Küken und Jungvögeln des Grossen Brachvogels (*Numenius arquata*). *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* , 32, S. 227-238, 2006.

Bukkens, S. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* (36), S. 2-4, 287-319, Italy.

Castro, G., Stoyan, N., & Myers, J. (1989). Assimilation efficiency in birds: a function of Taxon of food Type? *Comp. bioch. Physiol.* (92A, Nr. 3), S. 271-278, Great Britain.

Ehrlinger, M. (2007). *Phytogene Zusatzstoffe in der Tierernährung; Inaugural-Dissertation*. München: Ludwig-Maximilians-Universität München, 2007.

Das Internet - <http://www.hint-horoz.de>; Abruf am 25.06.2012.

Hemme, A. (2004). *Untersuchungen an Broilern zum Einfluss verschiedener anorganischer P-Quellen im Futter auf Leistung, P-Retention, P-Gehalte im Blut sowie die Zusammensetzung und Bruchfestigkeit von Knochen*. Inaugural-Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover, 2004, Hannover.

Das Internet - <http://de.wikipedia.org/wiki/Auerhuhn>; 13.5.2013.

Das Internet - <http://www.dr-gumpert.de/html/natrium.html>; Abruf am 25.06.2012.

Das Internet - <http://www.nutritionrank.com/calories-green-ant-739094>; Abruf am 20.5.13

Das Internet - <http://www.planetscott.com/babes/nutrition.asp>; Abruf am 20.5.13.

Klaus, S., Andreev, A., Bergmann, H., Müller, F., Porkert, J., & Wiesner, J. (1989). *Die Auerhühner* (3. unveränderte Auflage Ausg., Bd. 86). Hohenwarsleben: Westarp-Wissenschaften, Hohenwarsleben, 2008.

Kramer, G. (1975). Nischentrennung beim Grünkofnektarvogel (*Cyanomitra verticalis*) und Bronzenektarvogel (*Nectarinia kilimensis*) (Fam. *Nectarinidae*, *Aves*) im Kivuhochland (Republik Zaire, Afrika). *Oecologia* (20, 1975), S. 143-156.

Levinson, H. (1976). Ernährungs- und Stoffwechselphysiologie der Insekten und deren Anwendungsmöglichkeiten zur Schädlingsbekämpfung. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 86, 1976.

Das Internet - <http://www.powerbar.de/articles/80/natrium-eine-genauere-betrachtung.aspx>; Abruf 9.07.2012.

Park, K. J., Robertson, P., Campbell, S., Foster, R., Russel, Z., Newborn, D., et al. (2000). The role of invertebrates in the diet, growth and survival of red grouse (*Lagopus lagopus scoticus*) chicks. *The Zoological Society of London* (254), S. 137-145, 2001.

Picozzi, N., Moss, R., & Kortland, K. (1999). Diet and survival of capercaillie *Tetrao urogallus* chicks in Scotland. *Wildlife Biology* (5), S. 11-23, 1999.

Pis, T. (2002). The body temperature and energy metabolism in growing chicks of capercaillie (*Tetrao urogallus*). *Journal of thermal Biology* (27), S. 191-198, Poland.

Saarela, S., Petäjä-Repo, U., & Hissa, R. (1990). Monoamines, thyroid hormones and energy reserves in developing capercaillie chicks (*Tetrao urogallus: tetraonidae*). *Comp. Biochem. Physiol.* (97A, Nr.3), S. 353-360, Grossbritannien.

Savory, C. (1989). The importance of invertebrate food to chicks of gallinaceous species;. *Proceedings of the Nutrition Society* (48), S. 113-133.

Schowalter, T., & Crossley, D. (1983). Forest canopy arthropods as sodium, potassium, magnesium and calcium pools in forests. *Forest Ecology and Management* (7), S. 143-148, Niederlande.

Siano, R., Herzog, S., Exo, K., & Bairlein, F. (2011). Nahrungsauswahl ausgewilderter Auerhühner (*Tetrao urogallus L.*) im Harz. *Vogelwarte* (49), S. 137-148, Dresden.

Spidsø, T. K. (1980). Food selection by Willow Grouse *Lagopus lagopus* chicks in northern Norway. *Ornis Scandinavica* (11; Nr.2), S. 99-105, 1980, Norwegen.

Voet, D., Voet, J., & Pratt, C. (2002). *Lehrbuch der Biochemie*. (A. Beck-Sickinger, & U. Hahn, Hrsg.) Leipzig: Wiley-VCH.

Wegge, P., & Kastedal, L. (2007). Habitat and diet of young grouse broods: resource partitioning between Capercaillie (*Tetrao urogallus*) and Black Grouse (*Tetrao tetrix*) in boreal forests. (Ornithologen-Gesellschaft, Hrsg.) *J Ornithol*, 2008 (149), S. 237–244.

Wenk, C., & VanEs, J. (1980). *Untersuchungen iiber den Stoff- und Energiewechsel wachsender Kiiken unter besonderer Beriicksichtigung der Aktivitatl*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1: Auflistung der verschiedenen Kombinationen der Schlagwörter für die Suche der wissenschaftlichen Berichte. Aufgelistet nach dem ABC..... | 7  |
| Abb. 2: Eier von Auerhuhnküken (Quelle: <a href="http://www.de.m.wikipedia.org">www.de.m.wikipedia.org</a> ).....                                | 8  |
| Abb. 3: <i>Lepidoptera larvae</i> .....  | 9  |
| Abb. 4: <i>Käfer Coleoptera</i> .....  | 9  |
| Abb. 5: <i>Spinnentiere Arachnida</i> .....  | 10 |
| Abb. 6: <i>Ohrwürmer Dermaptera</i> .....  | 10 |
| Abb. 7: <i>Ameisen Formicidae</i> .....  | 8  |
| Abb. 8: <i>Schnabelkäfer Mecoptera</i> .....   | 10 |
| Abb. 9: <i>Hundertfüsser Chilopoda</i> .....   | 10 |
| Abb. 10: <i>Hautflügler Hymenoptera</i> .....  | 10 |
| Abb. 11: <i>Heuschrecken Saltatoria</i> .....  | 11 |
| Abb. 12: <i>Zweiflügler Diptera</i> .....  | 11 |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: Auflistung der verwendeten Schlagwörter für die Suche der wissenschaftlichen Berichte..... | 6  |
| Tabelle 2: Nährstoffbedarf eines Kükens für einen Tag.....  | 13 |
| Tabelle 3: Funktion der Minerale.....   | 16 |
| Tabelle 4: Nährstoffgehalt in Arthropoden im Vergleich zum Tagesbedarf eines Kükens.....              | 19 |
| Tabelle 5: Nährstoffgehalt der bevorzugten Arthropoden.....   | 19 |
| Tabelle 6: Ungefährer Nährstoffgehalt in 100g Arthropoden.....  | 20 |
| Tabelle 7: Ranking der drei Arthropodengruppen Raupen, Ameisen und Spinnentieren.....                 | 20 |
| Tabelle 8: Kalorienaufnahme eines Küken bei einem Pick einer Arthropodengruppe.....                   | 21 |
| Tabelle 9: Ranking der drei Arthropodengruppen bezüglich Kalorienanzahl pro Individuum.....           | 22 |

## **Anhang**

Anhangverzeichnis:

Anhang A: Funktion der Inhaltsstoffe der Arthropoden

Anhang B: Poster

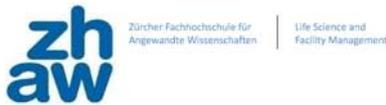
**Anhang A****Funktionen der einzelnen Inhaltsstoffen von Arthropoden**

| Inhaltsstoffe von Arthropoden | Funktion der Inhaltsstoffe  |
|-------------------------------|---|
| Ameisensäure                  | Antimikrobielle Wirkung   |
| Aminosäure Cystein            | Wichtig für die Ausbildung des Federkleides und hat eine antioxidative Wirkung.   |
| Aminosäure Methionin          | Wichtig für Ausbildung des Federkleides und unterstützt die schnelle Wundheilung.   |
| Calcium                       | Ist ein wichtiger Bestandteil der Knochen und hat eine hohe Bedeutung bei der Bildung von Eierschalen.  |
| Fettsäuren                    | Sind essentiell für die Gesundheit und für das Wachstum der Küken. Haben eine Funktion als Energiereserven, Isolierung und Schutz der Körperdecke und als Bausteine der Phospholipide.                |
| Glykogen                      | Dient als Energiereserve beim Wärmezittern der Küken.   |
| Kalium                        | Spielt eine Rolle bei der Funktionsfähigkeit der Zellen, v.a. bei Nerven- und Muskelzellen.   |
| Kohlenhydrate                 | Ist eine Energiequelle und unterstützt somit das Wachstum der Küken.  |
| Magnesium                     | Ist vorhanden in praktisch allen Stoffwechselvorgängen und trägt zur Erhaltung von DNA und RNA bei.   |
| Natrium                       | Ist eine lebenswichtige Elektrolyte, reguliert viele Stoffwechselprozesse und ist verantwortlich für elektrische Signale in den Nervenzellen.   |
| Phosphor                      | Hat eine grosse Bedeutung in der Knochenstabilität und optimiert das Wachstum der Küken.  |
| Proteine                      | Sind Bestandteil von verschiedenen Gewebearten und von Zellmembranen, regeln das Abwehrsystem des Körpers, steuern Stoffwechselvorgänge und sind wichtig für die Entwicklung und Bildung von Muskeln. |
| Spurenelemente                | Diese werden gebraucht für die Aufrechterhaltung des Ionengleichgewichts verschiedener Zellfunktionen und für die Wirkung von Enzymsystemen.  |
| Vitamin B12                   | Gehört zu den Vitaminvorstufen und wird im Blut transportiert.  |
| β-Karotin                     | Ist wichtig für die visuelle Systementwicklung, unterstützt das Kükenwachstum und die Entwicklung des Immunsystems.   |

**Quelle: Barboza, (2006)**

# Anhang B

## Poster



# Nährwert verschiedener Arthropoden für Auerhuhnküken - eine Literaturrecherche



Murièle Jonglez, Dr. R. F. Graf

Die Hauptnahrung der Auerhuhnküken in ihren ersten Lebenswochen besteht im Gegensatz zu den erwachsenen Tieren fast ausschliesslich aus Arthropoden wie Käfer, Heuschrecken, Zweiflügler, Schmetterlingslarven und Hautflügler. Arthropoden enthalten 40-60% Proteine, was im Vergleich zu Pflanzen ein sehr hoher Gehalt ist. Tierische Eiweisse sind zudem verdaulicher als pflanzliche und werden für das Wachstum als entscheidend angesehen. Vielerorts werden bevorzugt Schmetterlingslarven gefressen, von deren Verfügbarkeit die Küken profitieren. Jedoch nicht nur Raupen sind vorzügliche Energielieferanten, auch andere Arthropoden beinhalten hohe Mengen an wichtigen Nährstoffen. In manchen Regionen werden sogar andere Arthropodengruppen mehr bevorzugt als Raupen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Nahrungsökologie von Auerhuhnküken genauer unter die Lupe zu nehmen. Denn für eine angerechte Fütterung ist es wichtig zu wissen, warum gewisse Tiere als Kükennahrung bevorzugt werden. Die Nährstoffe Proteine, Fette und Kohlenhydrate sind wichtige Energielieferanten, welche nicht in allen Beutetieren in derselben Menge vorhanden sind und somit eine unterschiedliche Menge an Kalorien bei der Nahrungsaufnahme liefern.

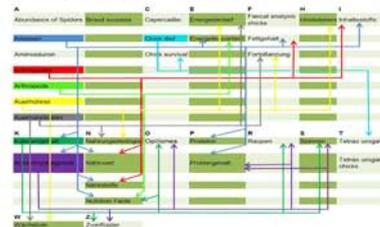


### Fragestellung

Welchen Nährwert weisen die von Auerhuhnküken gefressenen Arthropoden auf und welche Arthropoden sind als Nahrung für die Küken besonders geeignet. Es stellt sich zudem die Frage, ob die von den Küken am meisten gefressenen Schmetterlingslarven durch andere Arthropoden wie Ameisen oder Spinnentiere ersetzt werden könnten und in wie fern dies das Wachstum der Küken beeinflussen würde.

### Material und Methoden

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Literaturrecherche, bei der verschiedene und bereits vorhandene wissenschaftliche Berichte zum Thema dieser Arbeit überprüft wurden. Die Ergebnisse wurden den zuvor erstellten Zusammenfassungen entnommen und aufgrund dessen konnte eine Publikationsanalyse erstellt werden, die verhalf herauszufinden, was für einen Nährwert Arthropoden enthalten und welche Arthropodengruppen sich demnach am besten als Nahrung für Auerhuhnküken eignen. Es wurden Publikationen aus der Schweiz wie auch in anderen Teilen Europas analysiert. Für die Suche nach den wissenschaftlichen Berichten wurden verschiedene Schlagwörter genutzt und in verschiedener Art und Weise miteinander kombiniert.



### Schlussynthese

Nährstoffgehalt in Arthropoden im Vergleich zum Tagesbedarf eines Küken Nährstoffgehalt der bevorzugten Arthropoden

|                        | Arthropoden<br>(100g Trockenmasse, %TJ) | Tagesbedarf der Küken (Dücker 2011)<br>(100g Trockenmasse, %TJ) |
|------------------------|---|---|
| Bspenenergie           | 520.700                                 | 95.280  |
| Proteine               | 10.18                                   | 5.9   |
| Umwandlung Energie     | 10.14                                   | 11.13   |
| Lösliche Kohlenhydrate | 235.040                                 | —   |
| Fettstoffe             | 39.100                                  | —   |
| Schwefelkohlenstoff    | <10.000                                 | —   |
| Kalzium                | 1.4                                     | 5.12  |
| Phosphor               | 8.9                                     | 8.8   |
| Kalium                 | 2.12                                    | 2.4   |
| Stickstoff             | 1                                       | 1.9-2   |

Der Nährstoffgehalt vieler Arthropoden deckt in den meisten Fällen den Tagesbedarf der Küken.

Ungefährer Nährstoffgehalt in 100g Arthropoden

| Arthropode    | 100g Raupen | 100g Ameisen | 100g Spinnentiere               |
|---------------|-------------|--------------|---------------------------------|
| Lebensenergie | 10.2g       | —            | —                               |
| Proteine      | 10g         | 20g          | 10g                             |
| Fett          | 10g         | 7g           | 8.7g                            |
| Stickstoff    | 110mg       | 114          | —                               |
| Kalzium       | 8.24mg      | 35mg         | Sehr hoher Gehalt an Kalzium!   |
| Magnesium     | 1.87mg      | 1mg          | Sehr hoher Gehalt an Magnesium! |
| Kalium        | 75mg        | 100mg        | Höherer Gehalt an Kalium.       |

Raupen haben einen sehr hohen Energiegehalt und können bei einem zwei Wochenalten Küken bereits zweidrittel (100g Raupen) des Tagesbedarfs an Protein decken. Spinnentiere und Ameisen besitzen dafür hohe Spinnentiere sogar die höchsten Werte an anorganischen Komponenten.

Ranking der drei Arthropodengruppen Raupen, Ameisen und Spinnentieren

| 1. Platz      | 2. Platz      | 3. Platz     |
|---------------|---------------|--------------|
| Raupen        | Ameisen       | Spinnentiere |
| 447 kcal/100g | 207 kcal/100g | 96 kcal/100g |

Die Studie ergab, dass Raupen aufgrund ihrer hohen Gehalte an Proteinen und ihren ebenfalls hohen Kalorienmenge unverzichtbare Beutetiere sind für Auerhuhnküken. Denn Proteine sind für ein gesundes Wachstum essentiell. Dennoch weisen Spinnentiere und Ameisen zum Teil weit höhere Werte an anorganischen Komponenten wie Natrium, Magnesium, Kalzium und Phosphor auf als Raupen. Diese Komponente übernehmen wichtige Funktionen in verschiedener Art und Weise wie zum Beispiel beim Knochenaufbau, bei der Unterstützung des Energiemetabolismus oder sind unter anderem verantwortlich für das Funktionieren des Nervensystems. Zudem hat die Ameisensäure der Ameisen eine antimikrobielle Wirkung, welche die Verdauung der Küken positiv beeinflusst und somit das Wachstum fördert wie auch die Küken vor Krankheiten schützt. Diese Faktoren erhöhen die Überlebenschance der Küken. So lässt sich sagen, dass Raupen könnten bei geringerer Verfügbarkeit zwar nicht ersetzt werden können, aber ein gesundes Wachstum der Küken könnte mit einer genügenden Menge an Ameisen und Spinnentieren ebenfalls garantiert werden.