

TILL TÖPFER

Energetische Verwertbarkeit von Nadeln eingebürgerter Koniferenarten als Winternahrung des Auerhuhns (*Tetrao urogallus*)

Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden, angefertigt an der Max-Planck-Forschungsstelle für Ornithologie, Vogelwarte Radolfzell, 23.07.2003

- Kurzfassung -

1. Referent: PD Dr. RICHARD FLEIG

2. Referent: Prof. Dr. PETER BERTHOLD

Problemstellung

Das waldbewohnende Auerhuhn *Tetrao urogallus* ist vielerorts in Mitteleuropa vom Aussterben bedroht. Die Ursache dafür ist die massive Verschlechterung seiner Lebensräume. Waldbauliche Veränderungen und die intensiviertere Waldnutzung des letzten Jahrhunderts haben entscheidend zu seinem Bestandsrückgang beigetragen.

Auerhühner sind nahezu reine Pflanzenfresser, die als Standvögel ganzjährig denselben Lebensraum bewohnen. Sie leben in der eurasischen Taiga und Waldtundra und müssen sich daher auf ausgeprägte jahreszeitliche Veränderungen der Vegetation einrichten. Deshalb sind sie gezwungen, ihr Nahrungsspektrum regelmäßig umzustellen. Der artenreichen und leicht verdaulichen Kost des Sommerhalbjahrs (grüne Bodenvegetation, Beeren, Sämereien) steht dabei eine artenarme und schwer verwertbare Winternahrung gegenüber. Auerhühner ernähren sich im Winterhalbjahr fast ausschließlich von Nadeln immergrüner Koniferen. Die Aufnahme bestimmter Koniferennadeln als hauptsächliche Winternahrung variiert offenbar regional, ohne dass die Ursachen dafür bekannt sind.

Als nächstliegender Grund für die Nahrungswahl muss eine unterschiedliche energetische Verwertbarkeit dieser Gehölze in Betracht gezogen werden. Meine Arbeit beschäftigt sich vor allem mit der energetischen Ausnutzung der Nadeln exotischer Arten, da eingebürgerte Nadelbaumarten auch in Auerhuhnlebensräumen an forstlicher Bedeutung zunehmen, ohne dass ihr Einfluss auf die Winterernährung der Vögel bekannt ist. Im Vergleich zu einheimischen Referenzbaumarten soll geklärt werden, ob Unterschiede in der Verwertbarkeit auftreten und welche Konsequenzen diese für die Winterernährung des Auerhuhns haben. Nicht zuletzt sind auch im Zusammenhang mit den zahlreichen und überwiegend gescheiterten Auswilderungsversuchen Aussagen über die energetische Verwertung bestimmter Koniferen wertvoll.

Der Verdauungsvorgang beim Auerhuhn

Auerhühner teilen mit anderen Raufußhühnern einige anatomische und physiologische Besonderheiten des Verdauungstraktes, die Anpassungen an ein karges Nahrungsangebot und harte winterliche Klimabedingungen darstellen. Das auffälligste Merkmal des Verdauungstraktes des Auerhuhns sind die langen, paarigen Blinddärme (Caeca). Sie erreichen fast die Länge des gesamten übrigen Darmrohres und machen 5 bis 7 Prozent des Körpergewichtes aus. Sie ermöglichen eine effiziente Ausnutzung schwer verdaulicher Pflanzennahrung. In den Blinddärmen erfolgt die Vergärung der Nahrung mit Hilfe symbiontischer Mikroorganismen (v.a. Bakterien). Erst hier können Gerüstsubstanzen wie Zellulose und Lignin durch spezialisierte Mikroben abgebaut werden. Durch einen dichten Mikrovillisaum an den Eingängen der Caeca gelangen nur feine Nahrungspartikel in die Blinddärme, grobe Bestandteile werden im Dickdarm weitertransportiert. Aus dieser Entmischung resultieren die beiden charakteristischen Kotfraktionen des Auerhuhns (Walzenkot und Blinddarmkot). Ein weiteres Charakteristikum der Raufußhühner ist die jahreszeitliche Längenveränderung der Verdauungsorgane als Reaktion auf das wechselnde Nahrungsspektrum. Im Winter sind einzelne Darmabschnitte, wie zum Beispiel die Blinddärme, im Vergleich zum Sommer wesentlich verlängert. Dadurch wird eine höhere Vergärungsrate erzielt und die geringe Verdaulichkeit der Winternahrung kompensiert.

Versuchsablauf

Die Untersuchungen zur Winterernährung wurden im Winter 2002/03 durchgeführt. Als Versuchsvögel wurden 18 Auerhühner beider Geschlechter aus eigener oder fremder Zucht eingesetzt, Wildvögel waren nicht darunter. Die Auerhühner wurden während der Versuche in einer überdachten, aus Drahtwänden bestehenden Voliere gehalten. Somit waren sie, abgesehen vom direkten Niederschlag, den jeweiligen

Witterungsbedingungen ausgesetzt. Innerhalb der Voliere wurden acht Versuchsabteile von je etwa neun Quadratmeter Fläche abgegrenzt. Jeder Versuchsvogel wurde separat untergebracht, so dass maximal acht Vögel gleichzeitig gehalten werden konnten. Damit die Gewichtsentwicklung der Vögel verfolgt werden konnte, besaß jedes Abteil eine mit einer elektronischen Waage gekoppelte Sitzstange.

Entsprechend der Zielsetzung wurden die Nadeln von 7 eingebürgerten Koniferenarten getestet. Zum Vergleich wurden 3 einheimische Nadelbaumarten verwendet (Tab. 1). Die Bäume stammten alle aus Anpflanzungen im Raum Radolfzell, lediglich die Zirbelkiefern wurden aus Vorarlberg/Österreich herangeschafft.

Tab. 1: Verwendete Koniferenarten

Art		Heimat
Waldkiefer	Pinus sylvestris	Europa, Westasien
Schwarzkiefer	Pinus nigra	Balkan, Südwestl. Asien
Zirbelkiefer	Pinus cembra	Alpen, Karpaten
Fichte	Picea abies	Europa
Serbische Fichte	Picea omorica	Jugoslawien
Sitkafichte	Picea sitchensis	Westküste N-Amerikas
Douglasie	Pseudotsuga menziesii	Nordamerika
Weißtanne	Abies alba	Europa
Edeltanne	Abies nobilis (=A. procera)	Norwestl. N-Amerika
Coloradotanne	Abies concolor	Südwestl. N-Amerika, Mittelamerika

Die Äste wurden frisch verarbeitet und verfüttert. Ein Versuchsdurchgang mit einer Nadelsorte dauerte meist 6 oder 7 Tage, für ausgewählte Teiluntersuchungen wurde die Versuchsdauer verlängert oder verkürzt. Futter und Wasser wurde in Edelstahltöpfe gefüllt und jeden Morgen, etwa eine Stunde nach Sonnenaufgang, ausgewechselt. Das Nadelfutter wurde *ad libitum* angeboten, zusätzlich eine geringe Menge Mais als Grundfutter. Ausschließliche Fütterung von Nadeln führte zu beträchtlichem Körpergewichtsabfall, der die Versuchsdurchführung stark beeinträchtigt hätte. Durch den Mais konnte dies weitgehend kompensiert werden.

Vom Frisch- und Restfutter eines jeden Tages wurden Referenzproben für 24 Stunden bei 70°C getrocknet, um die verzehrte Trockenmasse an Nadeln zu bestimmen. Beim Mais wurde lediglich die täglich verzehrte Frischmenge ermittelt, da in vorherigen Messungen festgestellt wurde, dass das Trockengewicht und der Brennwert kaum schwanken. Für alle Auswertungen wurden daher konstante Werte für den Wassergehalt und den Brennwert des Mais verwendet. Vom Kot wurden ebenfalls Stichproben getrocknet und das Trockengewicht der Gesamtkotmenge analog zum Verfahren beim Nadelfutter berechnet. Um ein homogenes Probenmaterial zu erhalten, wurden vor der Brennwertbestimmung alle Futter- und Kotproben mittels einer Haushaltsmühle zu einem Pulver zermahlen. Die Messungen wurden mit einem Kalorimeter durchgeführt, insgesamt wurden 1.200 Kotproben untersucht.

Aufgrund des starken Maiseinflusses auf die Verwertbarkeit der Nahrung mussten Qualitätsunterschiede der Nadelarten in Abhängigkeit vom Maisanteil geprüft werden. Dazu wurde der Maisanteil in 10%-Klassen eingeteilt und der Mittelwert der Nahrungsumsetzbarkeit für jede Baumart und Maisklasse berechnet. Die Baumarten konnten dann innerhalb einer Klasse an ihren Mittelwerten verglichen werden. Eine gut verwertbare Nadelsorte müsste sich dann gegenüber einer schlechter verwertbaren durch eine höhere Gesamtumsetzbarkeit der Nahrung auszeichnen.

Ergebnisse

Die ermittelten Brennwerte des Futters und Kotes sind in den Tabellen 2 und 3 aufgeführt. Die Nadelbrennwerte liegen sehr nahe beieinander und unterscheiden sich nur um maximal 1500 Joule voneinander, der Energiegehalt von Mais ist deutlich geringer als jener der Nadeln. Der Blinddarmkot ist deutlich energiereicher als der Walzenkot, dessen Bestandteile die Caeca nicht passierten.

Tab. 2: Brennwerte des untersuchten Futters
(jeweils Mittelwert aus 3 Messungen)

Futterart	Brennwert in J/g TS
Serb. Fichte	21901
Edeltanne	21488
Weißtanne	21289
Schwarzkiefer	21190
Zirbelkiefer	21142
Sitkafichte	21033
Douglasie	20750
Fichte	20641
Coloradotanne	20513
Waldkiefer	20476
Mais	18647

Tab. 3: Kotbrennwerte in J/g TS

Fraktion	Brennwert
Walzenkot, Durchschnitt	18644
Walzenkot, Minimum	11320
Walzenkot, Maximum	21264
Blinddarmkot, Durchschnitt	22261
Blinddarmkot, Minimum	9124
Blinddarmkot, Maximum	26113

Für die Ermittlung der energetischen Umsetzbarkeit der Nadelarten konnten zwar die verzehrten Futtermengen genau gemessen werden, nicht aber das Verhältnis von Nadel- und Maisrückständen im Kot. Durch dieses grundsätzliche methodische Problem war es nicht möglich, die gemessene Kotenergie in beide Nahrungsbestandteile aufzuschlüsseln. Deswegen konnte zunächst nur die Umsetzbarkeit des Gesamtverzehrs berechnet werden. Die Gesamtumsetzbarkeit ist abhängig vom Verzehranteil des Mais, bedingt durch seinen hohen Gehalt an leicht verdaulicher Stärke. Deswegen musste untersucht werden, in welchem Maße die Umsetzbarkeit der Nahrungsenergie vom Maisanteil des verzehrten Futters abhängt. Die Regressionsanalyse zeigte eine signifikante Korrelation zwischen diesen Werten. Dafür wurden sämtliche Messwerte aller Baumarten einbezogen. Der statistische Vergleich der Regressionskoeffizienten der Gesamtfunktionen beider Geschlechter und zwischen verschiedenen Altersgruppen zeigt keinen signifikanten Unterschied auf. Dies erlaubt den Schluss, dass die grundlegenden Zusammenhänge bei Hennen und Hähnen (egal welchen Alters) die gleichen sind. Aus methodischen Gründen ist es am zweckmäßigsten, die energetische Verwertbarkeit der Baumarten durch Gruppenmittelwerte bestimmter Energieumsätze zu bestimmen, welche dann miteinander verglichen werden können. Diese Gruppen umfassen jeweils Bereiche von 10% Maisanteil und sind in der Abbildung 1 dargestellt. Betrachtet man nun die Umsetzbarkeit der einzelnen Baumarten in jeder „Maisklasse“ für sich, so sind die prozentualen Unterschiede zwischen ihnen relativ gering und innerhalb einer Baumart über die Maisklassen hinweg auch nicht stringent. Unregelmäßigkeiten in den Säulenhöhen sind in erster Linie auf den jeweiligen Stichprobenumfang zurückzuführen.

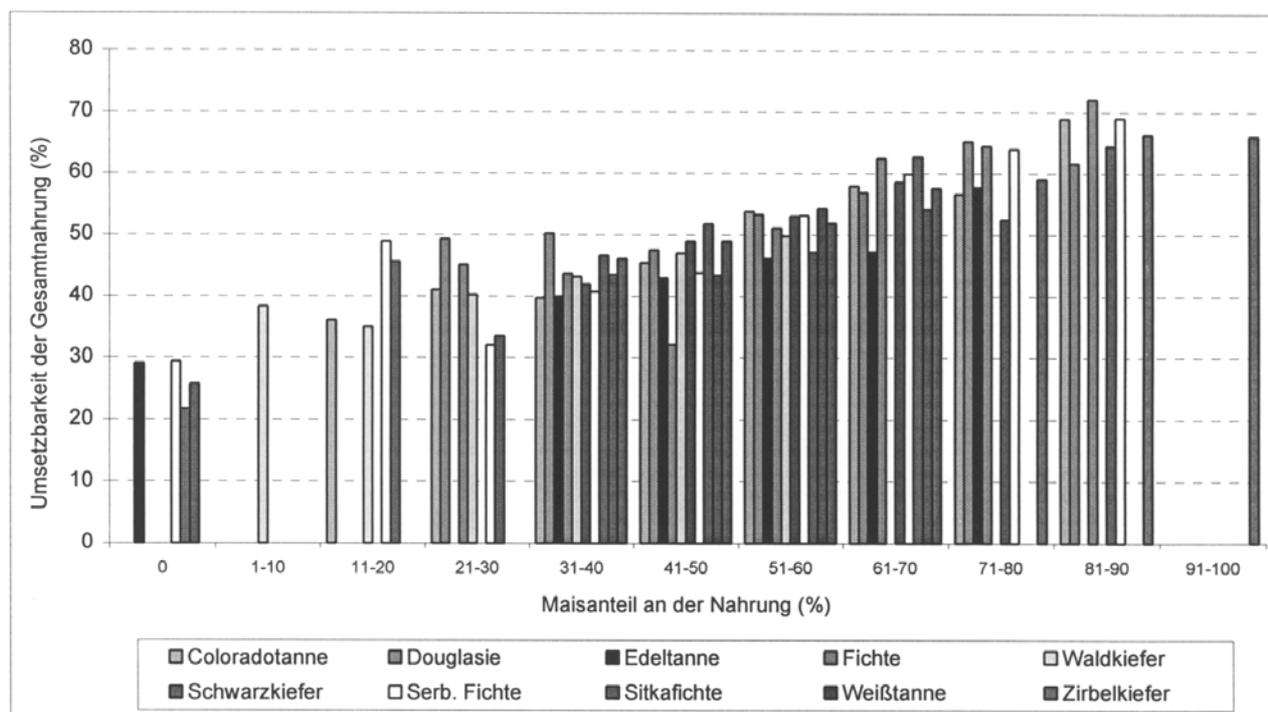


Abb. 1: Mittlere Umsetzbarkeit der Nahrungsenergie bei verschiedener Nadelfütterung in Abhängigkeit vom Maisanteil an der Nahrung

Es lassen sich also keine Unterschiede in der Umsetzbarkeit einzelner Koniferenarten feststellen. Damit ist der Schluss zu ziehen, dass die energetische Verwertbarkeit der Nadelnahrung für das Auerhuhn stets ähnlich ist, unabhängig von der Herkunft der Koniferen. Fasst man also die Werte aller Baumarten zusammen und vergleicht die gemeinsamen Maisklassen-Mittelwerte beider Geschlechter miteinander, so erhält man das in Abbildung 2 ersichtliche Bild. Für einen Maisanteil von 0%, d.h. für reine Nadelfütterung, ergibt sich eine mittlere Umsetzbarkeit von 26,5%.

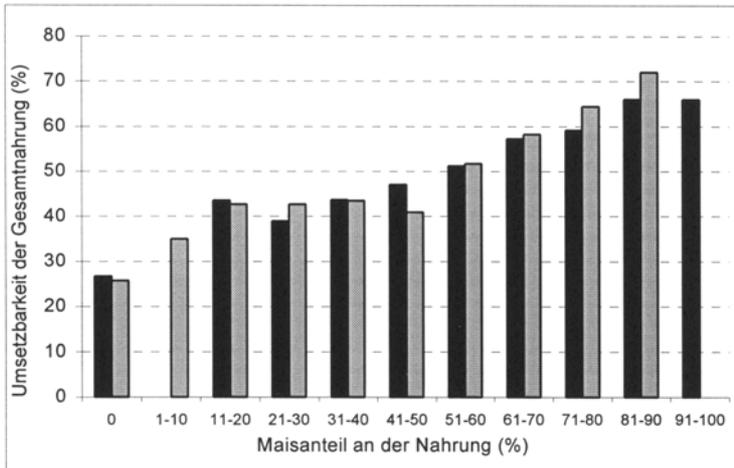


Abb. 2: Gruppenmittelwerte des Energieumsatzes für alle Vögel.
Schwarze Balken: exotische Baumarten,
Graue Balken: einheimische Baumarten

Auswertung

Obwohl Datenlücken vorliegen, können keine Unterschiede in der energetischen Verwertbarkeit der getesteten Baumarten abgeleitet werden. Alle Versuchsvögel verwerteten unabhängig von ihrem Alter und Geschlecht alle Baumarten in gleichem Maße. Wilde Auerhühner erreichen zwar höhere Ausnutzungsraten als die eingesetzten Gefangenschaftsvögel (z.B. Hähne bei Kiefernahrung: 32%), man kann aber davon ausgehen, dass sich am Verhältnis der Baumarten untereinander nichts ändert. Die Verdaulichkeitswerte liegen dann lediglich auf einem höherem Niveau.

Alle in den Versuchen getesteten Koniferenarten sind als Winternahrung geeignet. Bezüglich der Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Nadelbaumarten und ihrer energetischen Ausnutzung lässt sich keine Beziehung nachweisen. Die eingebürgerten Koniferen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Eignung als Winterfutter nicht von den einheimischen Baumarten.

In anderen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass die Längen oder Gewichte bestimmter Organe (Muskelmagen, Herz, Leber, Dünndarm, Blinddärme, Flugmuskel) gefangener Vögel im Vergleich zu denen bei Wildvögeln deutlich reduziert waren. Diese Reduktion des Verdauungstrakts in Länge und Gewicht wird auf die nährstoffreiche und leicht verdauliche Nahrung in Gefangenschaft zurückgeführt. Daher sind vor allem die für den Aufschluss der faserreichen Winternahrung wichtigen Blinddärme in ihrer Länge reduziert. Dies belegen auch die Blinddarmkotmengen, die bei Wildvögeln die sechsfache Menge betragen können. Daher liegen die in den Versuchen erreichten Ausnutzungsprozente sicherlich unter denen von Wildvögeln. Damit erbrachten die Versuchsvögel etwa zwei Drittel der Verdauungsleistung finnischer Wildvögel, es wird aber unterstellt, dass in Bezug auf die energetische Verwertbarkeit auch bei Wildvögeln (z.B. aus dem Schwarzwald) keine Unterschiede zwischen den Baumarten bestehen, wenn auch die Umsatzrate insgesamt auf einem höheren Niveau liegt.

Ökologische Konsequenzen

Die Winternahrung von Rauhfußhühnern besteht aus einer viel geringeren Anzahl an Nahrungspflanzen als die Sommernahrung. Da diese Pflanzen außerdem schwerer verdaulich als die im Sommerhalbjahr verzehrte Nahrung sind, stellt sich das Verdauungssystem im Herbst langsam auf diese Bedingungen ein. Um aus einer schwerer aufschließbaren Nahrung die nötigen Energiemengen zu gewinnen, müssen die Vögel die Menge der in einer bestimmten Zeit durch den Verdauungstrakt geschleusten Nahrung vergrößern. Durch das gesteigerte Blinddarmvolumen wird die Nahrung zwar nicht intensiver verdaut, aber es kann in der gleichen Zeit mehr Nahrung umgesetzt werden. Die Zusammensetzung und Menge der Nahrung wirkt sich also entscheidend auf die Ausbildung der Verdauungsorgane aus.

Nach meinen Versuchsergebnissen ist die energetische Verwertbarkeit der Winternahrung offensichtlich nicht das entscheidende Kriterium für die angesprochene Selektion bestimmter Nadelarten. Als weitere Gründe werden u.a. der Protein- und Harzgehalt, der Anteil von Tanninen und ätherischen Ölen, geschmackliche Präferenzen und strukturelle Nadeleigenschaften sowie die für den Nahrungserwerb und Deckung günstige Wuchsform und Kronenstruktur diskutiert.

Auswirkungen exotischer Nadelbaumarten auf Auerhuhnlebensräume

Meinen Ergebnissen nach dürfte aus Sicht der Energieausnutzung der Anbau exotischer Koniferenarten kein Problem für die Winterernährung der Auerhühner darstellen. Beobachtungen zeigen, dass Auerhühner in einigen Gebieten einen Teil ihrer Winternahrung durch Aufnahme von Nadeln eingeführter Baumarten bestreiten, zum Beispiel in Schottland (Sitkafichte) oder in Teilen des Schwarzwaldes (Japanische Lärche).

Bedeutender ist aber der negative Einfluss der Anpflanzung nichteinheimischer Nadelbaumarten hinsichtlich der Habitatveränderungen. Auerhühner stellen aufgrund ihrer Lebensweise spezielle Ansprüche an ihren Lebensraum, was Struktur und Pflanzenartenausstattung betrifft. Sie bevorzugen die späte Optimal- und Zerfallsphase der Wälder, wenn diese einen höheren Nadelbaumanteil besitzen und relativ lückig sind. Lichte Waldbestände, die das Fliegen im Kronenraum fördern, sind für die Feindvermeidung wichtig. Da Auerhühner gern zum Ruhen und Fressen in Baumkronen sitzen, sind ausladende und gut anfliegbare Kronen (von z.B. Kiefern) wesentlich wertvoller als dicht stehende Nadelholzanpflanzungen (wie z.B. Fichte und Douglasie). Außerdem führen hohe Baumdichten zu einer Verdunklung des Waldbodens, was sich wiederum in einem Rückgang der Bodenvegetation bemerkbar macht. Eine reiche Bodenvegetation spielt eine bedeutende Rolle als sommerliche Nahrungsgrundlage (besonders Beersträucher) und für die Kükenaufzucht. Sie bietet Versteckmöglichkeiten und verringert damit das Prädationsrisiko.

Aus wirtschaftlichen Gründen werden exotische Nadelbaumarten aber als dichte Bestände angepflanzt, mit der Folge, dass sich in Lebensräumen des Auerhuhns die Habitatqualität stark verschlechtert. Die Artenvielfalt der Vegetation geht zurück, die Eignung als Aufzuchtshabitat für die Jungvögel schwindet. Diese Faktoren stellen viel schwerwiegendere Gefahren für einen Populationsrückgang dar, als es die Winterernährung ist. Die in den Versuchen ermittelten Ergebnisse dürfen also nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich die Veränderung der ursprünglichen Lebensraumzusammensetzung durch exotische Koniferenarten durchaus negativ auswirken kann, vor allem, wenn exotische Koniferen an die Stelle der Kiefer treten. Insofern wird ein schädlicher Einfluss durch exotische Nadelbaumarten eher durch strukturelle Abwertung der Habitate als durch die Verwertbarkeit der Winternahrung wirksam.

Baden-Württemberg besitzt zum Beispiel im Schwarzwald Deutschlands größte Auerhuhnbestände. In den sensiblen Restvorkommensgebieten des Auerhuhns werden die ursprünglichen kiefernreichen Habitate durch Umgestaltung zu einschichtigen Fichtenmonokulturen entwertet. In den Wäldern Baden-Württembergs besteht neben 35% Laubgehölzen der überwiegende Baumanteil aus Fichte (45%). Weißtanne und Lärche nehmen 8% bzw. 2% ein. Die in Auerhuhnhabitaten wichtige Waldkiefer besitzt ebenfalls nur einen Anteil von 2%, während die eingeführte Douglasie schon 8% ausmacht. Diese Verhältnisse sind auf die intensive forstwirtschaftliche Nutzung der Wälder zurückzuführen. Vor allem die Zunahme zuwachsstarker Fichtenbestände zulasten struktureicher Mischwälder gefährdet die Lebensgrundlage des Auerhuhns. Eine ähnliche Wirkung ist von Douglasienbeständen zu erwarten.

Till Töpfer, Bannewitzer Straße 27, 01217 Dresden, Till.Toepfer@web.de