

## Douglasiennadeln als Nahrungsressource für Larven von *Lymantria monacha* L. Ein qualitativer Vergleich mit Fichte

Axel Gruppe<sup>1</sup> & Martin Goßner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Tierökologie, TU München, <sup>2</sup> Loricula, Fronreute

**Abstract:** Douglas-fir needles as larval food of *Lymantria monacha* L. – A qualitative comparison to Norway spruce needles.

The suitability of neophytic Douglas fir needles and Norway spruce needles as food for *Lymantria monacha* larvae was studied in both a choice test and a breeding experiment in the lab. Beside the bioassays needle compounds were analysed. Although larvae significantly preferred Douglas fir needles, feeding on Douglas fir resulted in significantly lower weights of pupae compared to spruce. These results might be explained by the presence of high amounts of glucose and fructose as phago-stimulating agents and a high concentration of procyanidins of different composition.

**Key words:** *Lymantria monacha*, Douglas-fir, choice test, fitness, needle compounds

<sup>1</sup> Dr. A. Gruppe, Lehrstuhl für Tierökologie, TU München, Am Hochanger 13, 85354 Freising, gruppe@wzw.tum.de; <sup>2</sup> Dr. M. Goßner, Loricula, Agentur für Kronenforschung und Determination, Schussenstraße 12, 88273 Fronreute, martin.gossner@loricula.de

Douglasien wurden vor etwa 170 Jahren nach Mitteleuropa eingeführt und von der zweiten Hälfte des 19. Jhd. an auch forstwirtschaftlich genutzt. Größere ökonomische Schäden durch phytophage Arthropoden an Douglasienbeständen sind in Mitteleuropa bisher kaum bekannt, auch wenn die Douglasie in der Forstschutzliteratur als Nahrungspflanze für einheimische Insektenarten genannt wird (SCHWERDTFEGER 1981). FÜLDNER & SPORK (2003) untersuchten vergleichend den Entwicklungserfolg von *Lymantria monacha* Larven auf Douglasie und anderen einheimischen Koniferenarten. Nach diesen Ergebnissen erreichen Nonnenpuppen nach Fütterung der Larven mit Douglasiennadeln nur geringfügig geringere Gewichte als nach Fütterung mit Fichte oder Kiefer. Signifikante Unterschiede traten bei den Puppen-gewichten der ♀♀ und bei der Larvenmortalität während der gesamten Larvenentwicklung auf.

Der Entwicklungserfolg von Insektenlarven ist meist von der Nahrungsqualität abhängig. Hierbei kommt sowohl der Qualität und Konzentration von Nahrungssubstanzen (Kohlehydrate, Proteine, Fett) als auch den sekundären Inhaltsstoffen eine entscheidende Bedeutung zu. Herbivor-Pflanzen-Systeme konnten sich meist evolutiv entwickeln, sodass die Inhaltsstoffe der Pflanze von den entsprechenden Herbivoren effektiv verdaut bzw. entgiftet werden können (STRONG et al. 1984). In Systemen in denen die beiden Partner erst seit kurzer Zeit in einem Gebiet gemeinsam auftreten, wie im System *L. monacha* – Douglasie, war eine evolutive Anpassung nicht möglich. Zudem kommen in Mitteleuropa seit der letzten Eiszeit keine zur Douglasie nahe verwandte Koniferenarten vor, wodurch eine Präadaptation der Nonne durch Anpassung an sekundäre Inhaltsstoffe nahe verwandter einheimischer Baumarten ausgeschlossen werden kann.

Die Abwehr von Herbivoren durch Pflanzen kann auf verschiedene Weisen erfolgen. In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei Ebenen untersucht: 1) durch Abschreckung (Wahlversuch) und 2) durch Investition in sekundäre Inhaltsstoffe (Fraßversuch). Im zweiten Ansatz wurde getestet, ob die nach FÜLDNER & SPORK (2003) geringfügigen Unterschiede im Entwicklungserfolg mit Unterschieden in den Nadelinhaltsstoffen der beiden Baumarten zu erklären sind.

### Material und Methoden

Larven für Wahl- und Fraßversuche wurden einer Laborzucht des Lehrstuhls für Tierökologie in der fünften Generation entnommen. Die Tiere schlüpfen im März. Nach dem Schlupf wurden die Larven auf

halbsynthetische Diät nach BELL et al. (1981) gesetzt und so bis L3 gezogen. 24-48 h nach der Häutung zur L3 wurden die Tiere in den Biotests verwendet.

Für die Wahlversuche wurden benadelte Zweigspitzen (jeweils 20 Nadeln) von Douglasie und Fichte gemeinsam eingewässert und jedes Paar mit einer L3 besetzt. Nach 48h wurden die Laven entfernt und die Zahl der ge- bzw. befreßenen Nadeln ausgezählt. Hierbei erfolgte eine Unterteilung in fünf Fraßklassen (ohne sichtbaren Fraß, <=25%, 25,1-50%, 50,1-75%, 75,1-100% der Nadel abgefressen). Nach Ende des Versuches befanden sich in jedem Käfig mindestens 30% unbefressene Nadeln. Dieser Versuch wurde mit 40 Larven durchgeführt. Die Zahl der Nadeln von Douglasie und Fichte wurde in jeder Fraßklasse mittels eines  $\chi^2$ -Homogenitätstests verglichen.

Für den Fraßversuch wurden Larven 24-48h nach der Häutung zu L3 in Rohrkäfigen (Ø 30cm, Höhe 60cm) mit Douglasie oder Fichte gefüttert. Zweimal wöchentlich wurden die Futterzweige gewechselt. 24h nach der Verpuppung wurden die Puppen aus dem Käfig entnommen und gewogen. Die Geschlechtszuordnung erfolgte nach morphologischen Merkmalen. Dieser Versuch wurde mit 20 Tieren je Fütterungsvariante durchgeführt. Die Puppengewichte wurden mit dem Mann-Whitney U-Test verglichen.

Die Inhaltsstoffanalysen wurden als Doppelbestimmung aus methanolischen Extrakten (50% MeOH / H<sub>2</sub>O) (SCHOPF 1986) von Nadelmischproben der Futterzweige durchgeführt. Die Bestimmung von löslichen Kohlenhydraten sowie Shikimi- und Chinasäure erfolgte mittels GC. Folin-positive Substanzen und Procyanidine wurden aus dem gleichen Extrakt photometrisch bestimmt (SWAIN & HILLS 1959; STAFFORD & CHENG), Protein-Aminosäuren (Nadel-Hydrolysat mit 6N HCl) nach Färbung mit Ninhydrin. Mittels HPLC erfolgte anschließend die Trennung von phenolische Verbindungen (Stationäre Phase: RP-18; mobile Phase: Gradient 5%ig Ameisensäure – 100% Methanol ; Detektion bei 280nm; (HARTEL 1997).

**Ergebnisse**

Im Nahrungswahlversuch wurde Douglasie signifikant stärker befreßen als Fichte (Abb.1). Über 90% der Fichtennadeln (750/800 Nadeln) und ca. 50% der Douglasiennadeln zeigten keinerlei Fraßspuren. An vielen Douglasienzweigen wurde auch die Rinde befreßen.

Abbildung 2 zeigt die durchschnittlichen Puppengewichte für Weibchen und Männchen. Trotz der relativ großen Variation erreichten beide Geschlechter signifikant höhere Puppengewichte bei Fütterung mit Fichte. Larvenmortalität trat nicht auf.

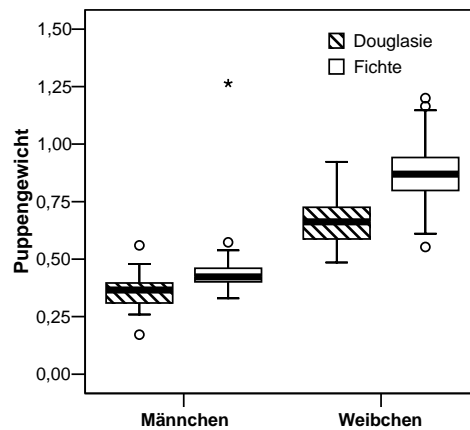
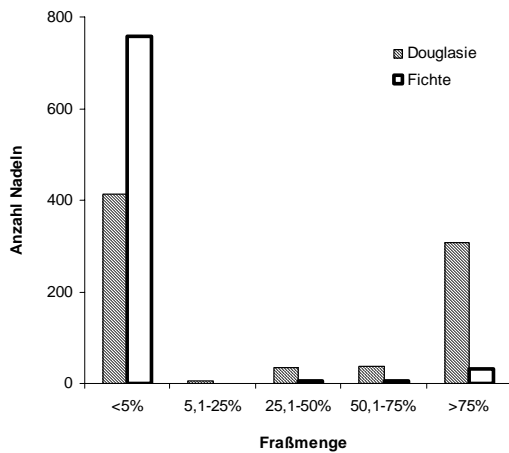


Abb. 1: Anzahl befreßener Nadeln im Wahlversuch nach 24h ( $\chi^2$ -Homogenitätstest:  $\chi^2=955,5$ ;  $p<0,001$ ).

Abb. 2: Puppengewichte nach Fütterung der Larven mit Douglasien- bzw. Fichtennadeln (Mann-Whitney-U-Test: ♂  $Z=-3,466$ ;  $p<0,001$ ; ♀  $Z=-3,955$ ;  $p<0,001$ ).

Die analysierten Nadelinhaltsstoffe sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Gehalte an Nahrungsstoffen waren, außer Saccharose, in Douglasiennadeln höher als in Fichtennadeln. Bei den sekundären Inhaltsstoffen war der Gehalt an Folin-positiven Substanzen bei Fichte deutlich höher als bei Douglasie, jedoch kamen

Polyphenole (Procyanidine) in Douglasienadeln in fast doppelt so hoher Konzentration vor wie in Fichtennadeln. Dies wird auch beim Vergleich der HPLC-Chromatogramme deutlich (Abb.3). Zu Beginn der Trennung eluierten niedermolekulare phenolische Verbindungen. Diese Peaks sind im Chromatogramm der Fichtennadeln höher. Im hinteren Teil der Chromatogramme wurden polymere Verbindungen detektiert, die bei Douglasie durch mehr und höhere Peaks repräsentiert waren.

Tab. 1: Inhaltsstoffe in Douglasien- und Fichtennadeln (Doppelbestimmung aus Mischproben).

	Inhaltsstoffe	Douglasie [nmol/mg TM]	Fichte [nmol/mg TM]
<b>Nahrungsstoffe</b>	Fructose	40,1	5,8
	Glucose	10,8	4,6
	Saccharose	194,5	246,9
	Protein-Aminosäuren	681	532
<b>Sekundäre Inhaltsstoffe</b>	Shikimisäure	316,3	267,4
	Chinasäure	193,1	63,5
	Folin+ Substanzen	364,4	563,1
	Procyanidine	493,3	265,2

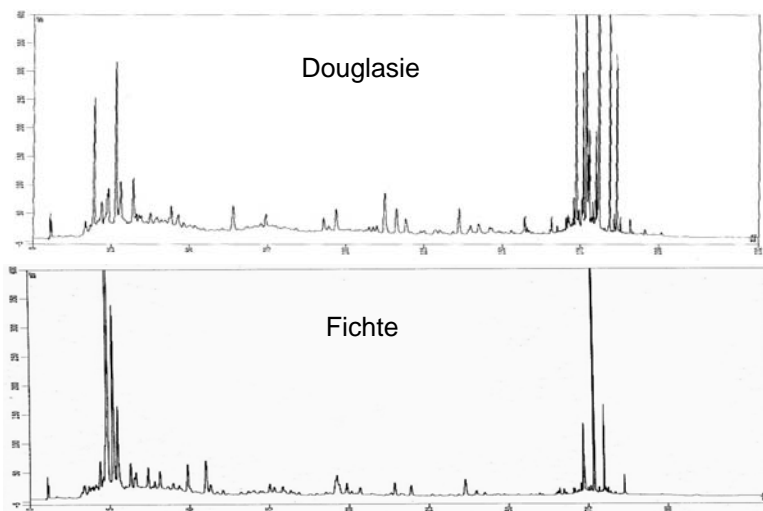


Abb. 3: HPLC-Chromatogramme von Douglasien- und Fichtennadeln.

**Diskussion**

Es wird allgemein angenommen, dass die Phytophagenfauna auf Neophyten artenarm ist, da die Anpassung an die sekundären Inhaltsstoffe fehlt (STRONG et al. 1984). Artenerhebungen auf Neophyten haben gezeigt, dass diese Annahme zwar häufig zutrifft (ASHBOURN & PUTMAN 1987, KLIPFEL & TSCHARNTKE 1997, GOBNER & SIMON 2005), aber keine generelle Gültigkeit besitzt (FRENZEL et al. 2000). Direkte Interaktionen zwischen Insekten und Neophyten sind bisher kaum untersucht worden. Polyphage Herbivore sollten Neophyten besser nutzen können als monophage. Zudem sollten Herbivore, die an einer dem Neophyten nahverwandten Art fressen, die Inhaltsstoffe des Neophyten besser verdauen bzw. entgiften können als Arten mit phylogenetisch weiter entfernten Wirten (CONNOR et al. 1980). Bei der Nonne handelt es sich um ein polyphages Insekt, das ein breites Spektrum einheimischer Nadel- und Laubbäume als Nahrungsressource nutzen kann (SCHWERDTFEGER 1981). Dies sollte den Übergang auf den Neophyt Douglasie erleichtern. Allerdings ist in Mitteleuropa keine der Douglasie nah verwandte Art verbreitet, was eine Präadaption an eine ähnliche Sekundärchemie ausschließt.

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass *L. monacha* Larven die neophytische Douglasie erfolgreich als Nahrungspflanze nutzen kann, was auch Beobachtungen unter natürlichen Bedingungen zeigten (SCHWERDTFEGER 1981). Allerdings waren die im Versuch resultierenden Puppengewichte signifikant

geringer als bei Fraß an Fichte. FÜLDNER & SPORK (2003) kamen zu ähnlichen Ergebnissen, wenn auch ihre Ergebnisse nur in einigen Fällen signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungsvarianten Douglasie, Fichte und Kiefer ergaben.

Auffallend ist die Diskrepanz zwischen einerseits der Bevorzugung von Douglasie im Wahlversuch und andererseits den geringen Puppengewichten in dieser Fütterungsvariante. Die Larven sind nicht in der Lage die für sie ungünstigere Nahrungsqualität des Neophyten zu erkennen. Vielmehr scheinen die höheren Gehalte an Glucose und Fructose in den Dougalsien als Phagostimulanz zu wirken, was auch bei anderen Lepidopteren nachgewiesen wurde (SCHIFF et al. 1989). Die signifikant geringeren Puppengewichte auf Douglasie können mit den Gehalten an sekundären Nadelinhaltsstoffen erklärt werden: zum einen haben Douglassienadeln hohe Gehalte an organischen Säuren (China-, Shikimisäure), deren Protonen im Verdauungstrakt unter Energieverbrauch neutralisiert werden müssen (SCHOPF 1986); zum anderen enthalten die Nadeln polymere phenolische Verbindungen (Procyanidine) in höheren Konzentrationen und anderer Zusammensetzung, sodass eine effektive Entgiftung ebenfalls einen höheren Energieaufwand nötig macht.

Trotz der fehlenden Anpassung der polyphagen *L. monacha* an die neophytische Douglasie bzw. an ihre Nadelinhaltsstoffe ist diese Baumart grundsätzlich als Wirt geeignet. Aufgrund der Gehalte sekundärer Inhaltsstoffe stellt sie aber ernährungsphysiologisch im Vergleich zu Fichte die ungünstigere Nahrung dar.

### Literatur

- ASHBOURN, S.R.C. & PUTMAN, R.J. (1987): Competition, resource partitioning and species richness in the phytophagous insects of Red oak and aspen in Canada and the UK. – *Acta Oecol. Oecol. Gen.* 8(1): 43-56.
- BELL, R.A., OWENS, C.D., SHAPIRO, M. & Tardif, J.G.R. (1981): Development of mass rearing technology. – In: Doane, C.C. & McManus, M.L. (eds): *The gypsy moth*. USDA Tech. Bull. 1584: 599-633.
- CONNOR, E.F., FAETH, S.H., SIMBERLOFF, D & OPLER, P.A. (1980): Taxonomic isolation and the accumulation of herbivorous insects: a comparison of introduced and native trees. – *Ecol. Entomol.* 5: 205-211.
- FRENZEL, M., BRÄNDLE, M. & BRANDL, R. (2000). The colonization of alien plants by native phytophagous insects. – *Proceedings IAVS Symposium*: 223-225.
- FÜLDNER, K. & SPORK, T. (2003): Entwicklungserfolg von Nonne (*Lymantria monacha* Linnaeus, 1758: Lepidoptera, Lymantriidae) an Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Fichte (*Picea abies*) und Kiefer (*Pinus sylvestris*) unter Laborbedingungen. – *Allg. Forst- u. Jagd-Ztg.* 174 (5/6): 84-88.
- GOBNER, M. & SIMON, U. (2005): Effect of introduced Red oak (*Quercus rubra* L.) on a specialised phytophagous guild in Germany – a case study of seed infesting insects (Coleoptera, Lepidoptera). – *Neobiota* 6: im Druck.
- HARTL, F.J. (1997): Einfluß von Tanninen in Eichenblättern auf die Wirksamkeit von *B. thuringiensis* gegenüber Schwammspinner, *Lymantria dispar* (L. Lymantriidae). Dissertation, LMU München. 260 S.
- HASLAM, E. (1988): Plant polyphenols and chemical defense – a reappraisal. – *J. Chem. Ecol.* 14: 1789-1805.
- KLIPFEL, S. & TSCHARNTKE, T. (1997): Die Besiedlung von Neophyten durch phytophage Insekten und ihre Gegenspieler. – *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent.* 11: 735-738.
- SCHIFF, N.M., WALDBAUER, G.P. & FRIEDMAN, S. (1989): Response of last instar *Heliothis zea* larvae to carbohydrates: stimulation of biting, nutritional value. – *Ent. Exp. Appl.* 52(1): 29-38.
- SCHOPF, R. (1986): Zur Kausalanalyse der Disposition von Nadelbäumen für den Befall durch nadelfressende Insekten am Beispiel *Picea abies* (L.) Karst. und *Gilpinia hercyniae* Htg. (Hym., Diprionidae). – Sauerländer's Verlag, Frankfurt, 185 S.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1981): *Waldkrankheiten*. 2. Aufl. – Paul Parey, Hamburg / Berlin, 486 S.
- STAFFORD, H.A. & CHENG, T.Y. (1980): The procyanidins of Douglas fir seedlings, callus and cell suspensions cultures derived from cotyledones. – *Phytochemistry* 19: 131-135.
- STRONG, D.R., LAWTON, J.H. & SOUTHWOOD, R. (1984): *Insects on plants – Community patterns and mechanisms*, 22. Blackwell, Oxford, 313 S.
- SWAIN, T. & HILLS, W.E. (1959): The phenolic constituents of *Prunus domestica*. – *Sci. Food Agricult.* 10: 63-68.