

Zusammenhänge zwischen den Maximal- und Gesamtfangwerten bei der Falterflugkontrolle der Nonne (*Lymantria monacha* L.)

Der Zusammenhang zwischen den Maximalwerten (pro Tag) und Gesamtfangwerten (pro Jahr) männlicher Nonnenfalter an lockstoffbestückten Trockenfallen konnte mit umfangreichem Datenmaterial aus sächsischen Kiefernbeständen bestätigt werden. Auch die Zählergebnisse weiblicher Falter an so genannten Zählstammgruppen korrelieren in ähnlicher Weise. Die Regressionsgleichung für die männlichen Falter kann für die Schätzung von Gesamtfangmengen einer Saison nach Ermittlung des Maximalwertes genutzt werden. Diese Empfehlung gilt zunächst für die Kiefernbestände Südbrandenburgs und Nordsachsens. Die aufgezeigte Abhängigkeit eröffnet die Möglichkeit, die Kontrollen zum Auftreten männlicher und weiblicher Falter auf den Zeitraum 15. 7. bis 15. 8. des jeweiligen Jahres zu beschränken. Damit ist eine Reduktion der gegenwärtig praktizierten Kontrollen und des damit verbundenen Aufwandes um ein Drittel bis 50 % denkbar. Im Vergleich zum so genannten „Abbruchverfahren“, bei dem die Falterzählung bei Erreichen kritischer Dichten eingestellt wird, besteht der große Vorteil, dass bereits vorhandene Zeitreihen zum Auftreten der Nonne an den meist längerfristig bestehenden Kontrollstandorten fortgeschrieben werden können.

Stichworte: Nonne, *Lymantria monacha*, Monitoring, Monachalure, Waldschädlinge

Correlations between maximum and total trapping values at the monitoring of the nun moth (*Lymantria monacha* L.)

The correlations between maximum (per day) and total trapping values (per year) of male nun moths in pheromone traps could be confirmed with comprehensive data from Saxon pine stands. Also female numbers on so called groups of counting stems correlate in a similar way. The regression equation for male moths can be used for estimating trapping values of one season after detecting the maximum value. This recommendation applies for pine stands of South Brandenburg and North Saxony for the present. The shown provides the opportunity of limiting the monitoring of male and female moths in the time span July 15th to August 15th in the respective year. For this reason it is possible to reduce the actual practiced controls and the correlated effort by 1/3 to 50 %. Already existing time series of nun moth appearance can be continued on the mostly long-term control points which can be more beneficial in comparison to the so called “break method” which means that moth counting stops when a critical density is reached.

Keywords: Nun moth, *Lymantria monacha*, monitoring, Monachalure, forest protection, forest pests

1 Vorbemerkungen und Zielstellung

1972 wurde durch BIERL, BEROZA und COLLIER der Schwammspinnerlockstoff Dispalure synthetisiert. Er erwies sich auch hochgradig attraktiv für die Männchen der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ließ große Hoffnungen aufkommen, diesen Stoff zur Ablösung kosten- und zeitintensiver Kontrollverfahren einzusetzen. Trotz umfangreicher Forschungsarbeiten im In- und Ausland konnten diese Erwartungen jedoch nur zum Teil erfüllt werden, da es nicht gelang, eine Beziehung zwischen den Falterfangwerten und den tatsächlich vorhandenen Populationsdichten zu finden. Auch der für die Nonne von GRIES et al. im Jahre 1996 entdeckte arteigene Lockstoff Monachalure konnte nicht zur Lösung dieses Problems beitragen.

Deshalb hat man den Lockstoff bislang lediglich in bestehende Kontrollsysteme eingebettet und nutzt ihn zur Frühwarnung beim Übergang von der Latenz in die Progradation. Wenn eine vorgegebene Anzahl angeflogener männlicher Falter überschritten wurde, werden in Folge traditionelle Kontrollverfahren, wie Zählung weiblicher Falter, Eisuchen etc. durchgeführt. Der Anflug der männlichen Nonnenfalter an bekörderten Lockstoff-Fallen spiegelt die zeitliche Flugaktivität unter momentan meist nicht näher definierbaren Bedingungen wieder und lässt sich im Verlaufe der Flugzeit gut abbilden. Für praktische Zwecke war bislang neben der bereits erwähnten Gesamtzahl gefangener Männchen besonders auch der Beginn und das Ende

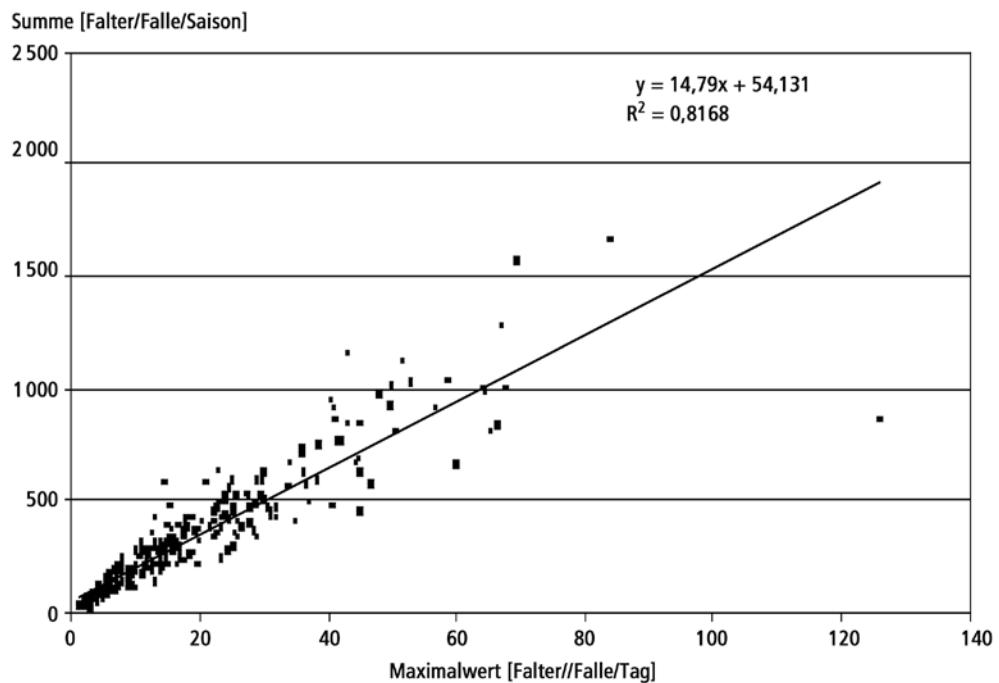
des Falterfluges von Interesse, da man die Weibchenzählung in diesen Zeitrahmen einpassen und damit Zeit und Geld einsparen konnte.

LOHMANN (2005) vermutete einen Zusammenhang zwischen der Gesamtfangmenge männlicher Schmetterlinge in einer Schwarmperiode (Falter pro Jahr) und dem Maximalwert gefangener Männchen in dieser Periode (Falter pro Tag). MAJUNKE et al. (2006) bestätigten die lineare Korrelation zwischen der Gesamtfangmenge und dem Maximalwert gefangener Männchen vor allem mit großen Datenmengen aus Sachsen (Abbildung 1).

Eine theoretische Erklärung für den beobachteten Zusammenhang zeigt das Diagramm zum Schwarmverlauf in Abbildung 2. Wie bei derartigen Darstellungen üblich, ist die in einer Flugperiode gefangene Anzahl der männlichen Falter über der Schwarmzeit abgetragen. Die Fläche unter dieser Kurve ist ein Maß für die Gesamtzahl gefangener Falter. Stark vereinfacht kann diese Fläche als ein Dreieck beschrieben werden, dessen Grundlinie die für ein Jahr typische Dauer der Schwarmperiode und die Höhe die maximale Fangzahl ist. Damit kann der nachgewiesene Zusammenhang auf eine für Dreiecke geltende mathematische Funktion (Abbildung 2) zurückgeführt werden. Der Flächeninhalt (bzw. die Gesamtfangzahl) wird bei annähernd gleich bleibender Grundlinienlänge (Fangzeitraum) von der Höhe des Dreiecks (bzw. dem Maximalwert) bestimmt.

Abbildung 1:
Maximal- und Gesamtfangwerte
männlicher Nonnenfalter
an sächsischen Fallenstandorten in
den Jahren 2000, 2001 und 2003
und brandenburgischen Standorten
im Zeitraum 1996 bis 2003
(nach MAJUNKE et al., 2006)

Figure 1:
Maximum and total trapping values
of male nun moths at locations in
Saxony in years 2000, 2001 and
2003 and locations in Brandenburg
in the period from 1996 to 2003
(MAJUNKE et al., 2006)



Anzahl [männliche Falter/Falle]

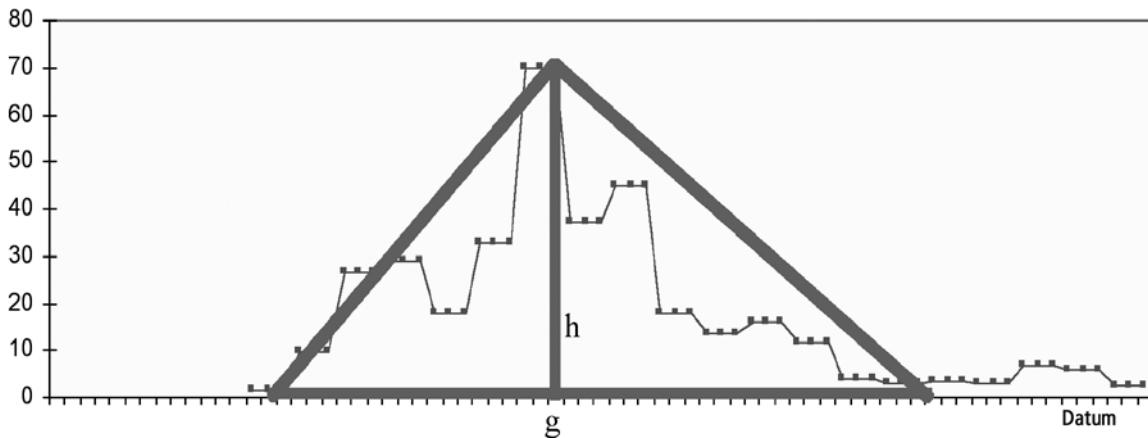


Abbildung 2:
Schematisierte Fang-
werte männlicher
Nonnenfalter ■ und
Schema zur Berech-
nung des Flächen-
inhalts im Dreieck ▲

Figure 2: Schemati-
zied trapping values
of male nun moths ■
and scheme for
calculation the area
in a triangle ▲

Es gilt die Beziehung:

$$A = \frac{h \cdot g}{2}$$

- A Flächeninhalt des Dreiecks entspricht der Anzahl männlicher Falter/Saison (N)
- g Länge der Grundlinie des Dreiecks entspricht der Dauer der Flugzeit (D)
- h Höhe des Dreiecks entspricht der maximalen Anzahl Falter/Tag (M)

Wenn $g = \text{konstant}$ dann ist $A = f(h)$ oder wenn $D = \text{konstant}$ dann ist $N = f(M)$.

Mit den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurde zunächst das Ziel verfolgt, die Abhängigkeit der Gesamtfangmengen von den Maximalfangwerten und den Zeitpunkten des Auftretens der Maximalwerte, wie sie von MAJUNKE et al. (2006) beschrieben wurde, mit sächsischen Kontrolldaten der Falterflugüberwachung zu verifizieren. Gegenstand von Untersuchungen waren auch die Zeiträume des Auftretens der Maximalwerte in beiden Jahren und mögliche Einflussfaktoren auf den Verlauf der Regressionsgeraden.

Weil zu vermuten war, dass auch die Zählwerte der weiblichen Falter einer ähnlichen Abhängigkeit unterliegen, wurden weiterführend analoge Untersuchungen mit den Zählwerten weiblicher Falter an ausgewählten Zählstämmen durchgeführt. Verwendet wurden dabei Daten aus Südbadenburg.

2 Material und Methoden

2.1 Verifizierung der Abhängigkeit der Gesamtzählwerte von den Maximalwerten männlicher Falter an pheromonbestückten Fallen, Untersuchungen zum zeitlichen Auftreten der Maxima sowie über mögliche Einflussfaktoren auf den Verlauf der Regressionsgeraden

Nach den Einschätzungen von OTTO (2007) befanden sich die Nonnenpopulationen in Sachsen nach einer über 3 Jahre andauernden Gradation im Jahre 2006 wieder in der Latenz. Die nachfolgend beschriebenen Arbeiten und Ergebnisse basieren auf der Auswertung von Daten der routinemäßigen Überwachung des Fluges männlicher Nonnenfalter in ausgewählten Kiefern- und Fichtenforsten Sachsen in den Sommermonaten



Abbildung 3: Lockstoffbestückte Variotrap zum Fang männlicher Nonnenfalter

Figure 3: Pheromone trap for catching of male nun moths

der Jahre 2003, 2006 und 2007 sowie Südbrandenburgs der Jahre 1992 bis 2006.

Standardmäßig werden die köderbestückten Fallen Mitte bis Ende Juni, spätestens jedoch Anfang Juli ausgebracht und alle drei Tage kontrolliert. Die Kontrollen enden, wenn an zwei aufeinander folgenden Kontrolltagen keine Anflüge mehr stattfinden. Die in den Fallen befindlichen männlichen Falter werden bei jeder Kontrolle gezählt und die Anzahl auf Zählprotokollen dokumentiert. Für die Korrelationsrechnungen wurden aus den an den jeweiligen Fallenstandorten ermittelten Einzelwerten Durchschnittswerte gebildet, da jeweils drei Fallen pro Bestand eingesetzt wurden. Diese Werte bildeten dann, aufsummiert, die Gesamtanzahl gefangener männlicher Falter an dem jeweiligen Fallenstandort. Bei der Berechnung der Maximalwerte wurden die Einzelwerte verwendet und auf Tageswerte umgerechnet, um einen Vergleich mit bereits vorliegenden Ergebnissen zu ermöglichen. Für den Fang der Schmetterlinge werden so genannte Lockstoff-Fallen vom Typ „Variatrap“ und handelsübliche Dispenser der Firmen Scentry und Phero Tech Inc. eingesetzt (Abbildung 3).

Für die Untersuchungen der Abhängigkeit der Gesamtfangwerte von den Maximalwerten standen Daten von 64 (2006) bzw. 191 (2007) Kontrollstandorten aus Kiefernbeständen zur Verfügung. Für die Baumart Gemeine Fichte lagen von lediglich 16 (2006) bzw. 50 (2007) Fallenstandorten Kontroldaten vor.

Zur beispielhaften Darstellung des möglichen Einflusses der Witterung auf den Verlauf der Regression wurden aus dem

Jahr 2003 89 Datensätze und für 2007 191 Datensätze von Fallenstandorten in Kiefernbeständen Sachsens in die Auswertung einbezogen.

Zur Abschätzung des Einflusses der Gradationsphase auf den Verlauf der Regression dienten 131 Datensätze von Fallenstandorten in Kiefernbeständen aus den Jahren 1992 bis 2006 aus Südbrandenburg/Peitz. Sie wurden in die beiden Kategorien < 400 Falter pro Falle und Saison (72 Datensätze) sowie ≥ 400 Falter pro Falle und Saison (59 Datensätze) eingeteilt. Weiterhin fanden 185 Datensätze aus dem Jahr 2007 aus Sachsen Verwendung. Sie lagen alle im Fangzahlbereich < 400 Falter pro Falle und Saison. Die höheren Fangwerte wurden als Ausdruck einer Pro- oder Gradationsphase angesehen. Bei den Fangzahlen < 400 Falter pro Falle und Saison wurde unterstellt, dass es sich in den jeweiligen Jahren bzw. Gebieten aus gradologischer Sicht um Latenzzustände handelt. Mögliche Differenzierungen des Datenmaterials durch andere Einflüsse wurden vernachlässigt.

Die Bearbeitung erfolgte mit Standardsoftware des Programmpaketes Microsoft Office und dem Programmpaket SPSS für Windows.

2.2 Analysen möglicher Zusammenhänge zwischen den Gesamtzählwerten und den Maximalwerten weiblicher Falter an so genannten Zählstämmen

Die Überwachung des Fluges weiblicher Nonnenfalter erfolgt im Nordostdeutschen Tiefland mit Beginn einer zu erwartenden Massenvermehrung durch Anlage von Zählstammgruppen. Es werden in 30- bis 80-jährigen Beständen 4 Falterzählstämme je Bestand in einem Abstand von 20 m gekennzeichnet. Die Zählstammgruppen werden fortlaufend nummeriert und in die Revierkarte eingetragen. Nach dem ersten Anflug männlicher Falter an pheromonbestückte Trockenfallen erfolgt im Abstand von 3 Tagen die Zählung der an den gekennzeichneten Stämmen sitzenden männlichen und weiblichen Falter bis in 3 m Höhe. Werden nach dem 15. August an zwei aufeinander folgenden Kontrollterminen keine Falter mehr festgestellt, kann die Zählung eingestellt werden. Für die Falterzählung sind die Morgenstunden bis 10.00 Uhr zu nutzen.

In Anlehnung an die Analyse der Maximal- und Gesamtfangwerte männlicher Nonnenfalter wurden für diese Untersuchung 27 Protokolle der Zählung weiblicher Falter aus den brandenburgischen Oberförstereien Tauer und Lieberose des AfF (Amt für Forstwirtschaft) Peitz sowie dem Revier Henzendorf (AfF Müllrose) im Zeitraum 1993 bis 2005 verwendet.

Die Bearbeitung erfolgte wiederum mit Standardsoftware des Programmpaketes Microsoft Office und dem Programmpaket SPSS für Windows.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Analyse des Zusammenhangs zwischen Maximal- und Gesamtfangwerten männlicher Nonnenfalter an Lockstoff-Fallen in den Jahren 2006 und 2007

3.1.1 Kontroldaten aus Kiefernbeständen

In den Abbildungen 4 und 5 wurden die Einzelkontrollwerte dargestellt. Die Parameter der linear angenommenen Regressionsgleichung vom Format $y = bx + c$ sind in Tabelle 1

Summe [Falter/Falle/Saison]

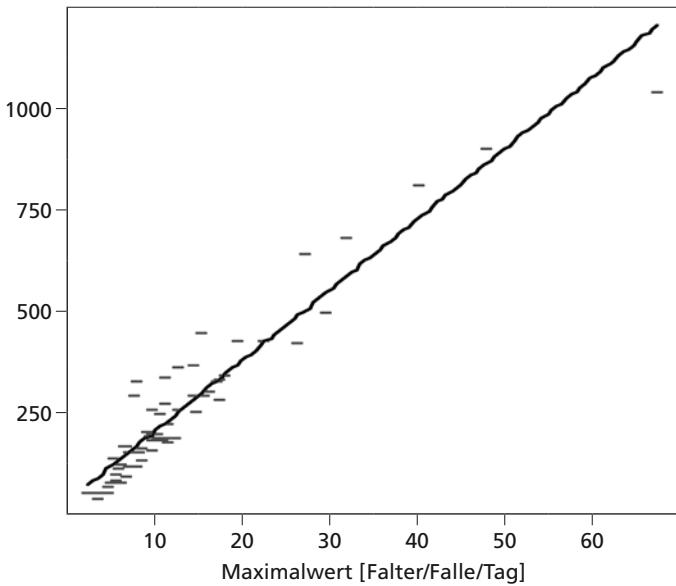


Abbildung 4: Streudiagramm und Ausgleichsgerade der Messwerte 2006 (Kiefernbestände, n = 64)

Figure 4: Scatter plot and partial regression line of measurements 2006 (Pine stands, n = 64)

Summe [Falter/Falle/Saison]

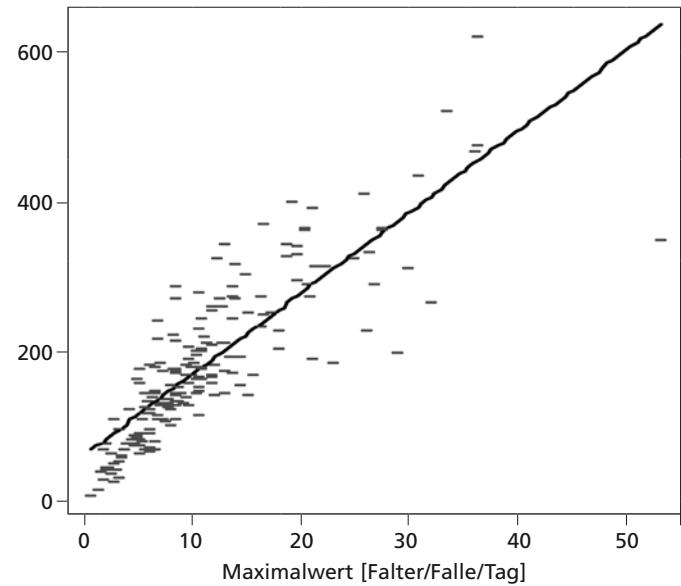


Abbildung 5: Streudiagramm und Ausgleichsgerade der Messwerte 2007 (Kiefernbestände, n = 191)

Figure 5: Scatter plot and partial regression line of measurements 2007 (Pine stands, n = 191)

Tabelle 1: Parameter der linearen Regression zwischen Gesamtfangzahlen und Maximalwerten männlicher Nonnenfalter, basierend auf Fallenfängen in Kiefernbeständen in den Jahren 2006 und 2007

Table 1: Parameter of linear regression between total trapping values and maximum of male nun moths, based on trapping values in pine stands 2006 and 2007

		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standar-disierte Ko-effizienten	Signifi-kanz
Modell		B	Standard-fehler	Beta	Standard-fehler
2006	(Konstante)	62,425	11,435		0,000
	Maximalwert Falter/Falle/Tag	16,366	0,659	0,953	0,000
2007	(Konstante)	61,148	7,202		0,000
	Maximalwert Falter/Falle/Tag	10,842	0,522	0,834	0,000
Abhängige Variable: Summe Falter/Falle/Saison					

Tabelle 2: Bestimmtheitsmaße der linearen Regression zwischen Gesamtfangzahlen und Maximalwerten männlicher Nonnenfalter, basierend auf Fallenfängen in Kiefernbeständen in den Jahren 2006 und 2007

Table 2: Stability indices of regression between total trapping values and maximum of male nun moths, based on trapping values in pine stands 2006 and 2007

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
2006	0,953 (a)	0,909	0,907	53,409
2007	0,834 (a)	0,696	0,694	57,570
Einflussvariable : (Konstante), Maximalwert Falter/Falle/Tag				

abgebildet. Demnach ergeben sich die beiden Gleichungen $y = 16,37x + 62,43$ und $y = 10,84x + 61,15$.

Die bereits okular wahrnehmbare Abhängigkeit der Werte in den genannten Abbildungen wird durch die Berechnungen hoher Bestimmtheitsmaße bestätigt (Tabelle 2). Die Parameter der Regressionsgleichungen zeigen eine relativ gute Übereinstimmung mit der Gleichung von MAJUNKE et al. aus dem Jahr 2006 ($y = 14,79x + 54,13$).

3.1.2 Kontrolldaten aus Fichtenbeständen

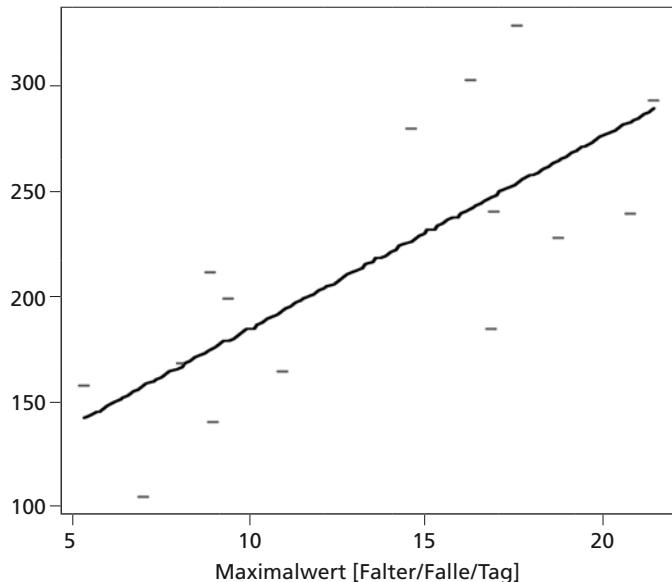
In den Abbildungen 6 und 7 wurden die Einzelzählwerte analog wie unter 3.1.1 dargestellt. Die Parameter der linear angenommenen Regressionsgleichung ($y = bx + c$) sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Parameter der linearen Regression zwischen Gesamtfangzahlen und Maximalwerten männlicher Nonnenfalter, basierend auf Fallenfängen in Fichtenbeständen in den Jahren 2006 und 2007

Table 3: Parameter of linear regression between total trapping values and maximum of male nun moths, based on trapping values in spruce stands 2006 and 2007

		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standar-disierte Ko-effizienten	Signifi-kanz
Modell		B	Standard-fehler	Beta	Standard-fehler
2006	(Konstante)	93,224	32,726		0,014
	Maximalwert Falter/Falle/Tag	9,161	2,272	0,745	0,001
2007	(Konstante)	93,585	14,919		0,000
	Maximalwert Falter/Falle/Tag	5,169	1,197	0,529	0,000
Abhängige Variable: Summe Falter/Falle/Saison					

Summe [Falter/Falle/Saison]

**Abbildung 6:** Streudiagramm und Ausgleichsgerade der Messwerte 2006 (Fichtenbestände, n = 16)**Figure 6:** Scatter plot and partial regression line of measurements 2007 (Spruce stands, n = 16)

Vorbehaltlich des Einflusses der geringen Datenmenge im Jahr 2006 kann eine bemerkenswert gute Übereinstimmung sowohl der c- als auch der b-Werte beider Regressionsgleichungen konstatiert werden (Tabelle 3). Die Bestimmtheitsmaße liegen allerdings erheblich unter den Werten, die für die Kiefernbestände ermittelt wurden (Tabelle 4). Die geringeren Regressionskoeffizienten und damit flacher verlaufenden Geraden lassen vermuten, dass sich der Falterflug der Nonne in Fichtenbeständen anders gestaltet als in Kiefernwäldern. Möglicherweise ist der abweichende Verlauf auch auf die geringen Datenmengen in beiden Jahren zurückzuführen.

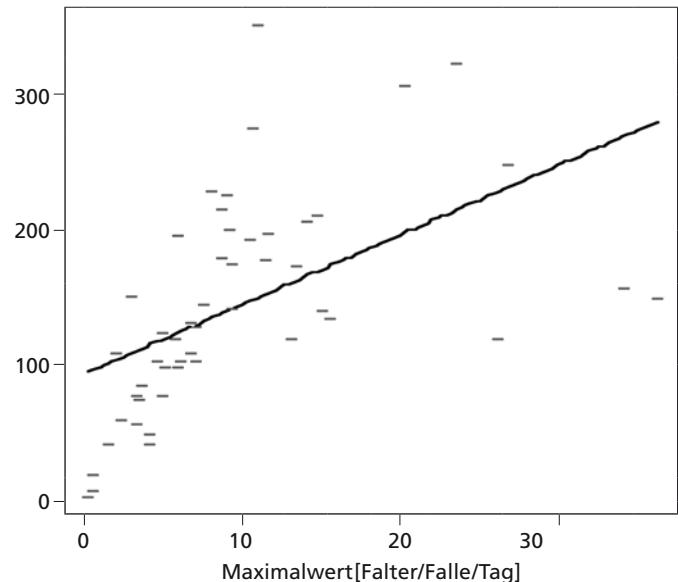
Tabelle 4: Bestimmtheitsmaße der linearen Regression zwischen Gesamtfangzahlen und Maximalwerten männlicher Nonnenfalter, basierend auf Fallenfängen in Fichtenbeständen in den Jahren 2006 und 2007**Table 4:** Stability indices of regression between total trapping values and maximum of male nun moths, based on trapping values in spruce stands 2006 and 2007

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
2006	0,745(a)	0,556	0,521	44,887
2007	0,529(a)	0,280	0,265	67,369

Einflussvariable: (Konstante), Maximalwert Falter/Falle/Tag

Beginn, Dauer und Verlauf des Falterfluges der Nonne werden durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, von denen Witterung (FEICHT 1997, GAJEWSKI 2001) sowie Bestandesstruktur und Gradationsphase/Populationsdichte (MORS 1942) die größte Bedeutung haben dürften. Es ist nicht nur von akademischem Interesse sondern vielmehr praktisch relevant, der Frage nachzugehen, ob bestimmte Bedingungen oder örtliche Gegebenheiten den Verlauf der Regressionsgerade verändern können und somit die Ableitung einer „Normgeraden“ für die praktische Nutzung erschwert wird. Zurückzuführen wäre dies auf Disproportionen zwischen den einzelnen Wertepaaren der Maxima und Gesamtfänge. Derartige Effekte

Summe [Falter/Falle/Saison]

**Abbildung 7:** Streudiagramm und Ausgleichsgerade der Messwerte 2007 (Fichtenbestände, n = 50)**Figure 7:** Scatter plot and partial regression line of measurements 2007 (Spruce stands, n = 50)

könnten beispielsweise durch klimatisch bedingte Veränderungen der Flugzeitdauer in verschiedenen Jahren, Gebieten oder Bestandesstrukturen hervorgerufen werden. Unterstellt man, dass die Maxima in den zu vergleichenden Jahren, Gebieten und Strukturen ähnlich hoch und nicht niedriger ausfallen, würden unterschiedlich hohe Gesamtfangmengen und Regressionskoeffizienten anfallen.

Einflüsse auf die Flugdauer gehen besonders von den jeweilig herrschenden Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen aus. Sie können besonders die Larval- und Puppenentwicklung verzögern oder beschleunigen und somit den Beginn des Falterfluges direkt beeinflussen. Weiterhin können Extremwetterlagen während des Sommers Einfluss auf die Flugaktivität und die Flugdauer ausüben (MORS 1942, FEICHT 1997, APEL et al. 1984). MORS (1942) bemerkte während der Nonnengradation in Ostpreußen, dass tiefe Temperaturen, ebenso wie Regen, zwar hemmend auf das Schwärmen der Falter wirken, jedoch nur starker Regen es ganz unterbindet. Er berichtete auch von kurz andauernden Flugverläufen mit allerdings hoher Intensität. GAJEWSKI (2001) wies bei Untersuchungen zur Flugdauer in mehreren Nonnenschadgebieten Brandenburgs nach, dass es im langjährigen Durchschnitt statistisch gesicherte Unterschiede zwischen Süd- und Nordbrandenburg gibt. Demnach dauert im 10-jährigen Mittel der Flug männlicher Nonnenfalter in Südbrandenburg 1 Woche länger. Es lässt sich demnach feststellen, dass die Zeitdauer des Falterfluges der Nonne durchaus variieren kann.

Bei Betrachtung des Falterflugverlaufes der Jahre 2003 und 2007 zeigt sich ein Trend, wonach die Dauer des Fluges 2003 kürzer war. 2003 wies den heißesten Sommer seit Beginn der Messreihen im Jahre 1901 auf. Die lang anhaltenden Hochdruckwetterlagen hatten außerdem erhebliche Niederschlagsdefizite und extrem hohe Sonnenscheindauer zur Folge (Abbildung 8, Abbildung 9). Das Jahr 2007 wies zwar auch eine recht warme aber auch regenreiche Witterung auf.

Abbildung 10 macht vorbehaltlich möglicher Einflüsse durch unterschiedliche Gradationszustände in den Jahren 2003 und 2007 deutlich, dass 2003 die Häufigkeiten des Auftretens von

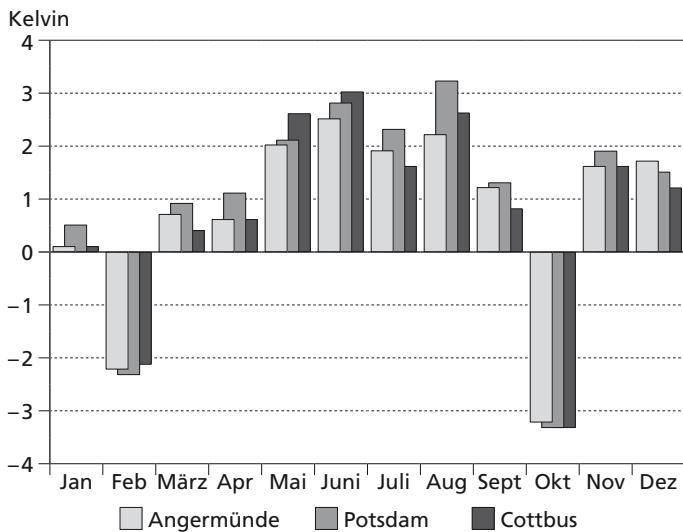


Abbildung 8: Abweichung der Lufttemperatur vom langjährigen Monatsmittel (2003)

Figure 8: Variation of air temperature from the long-time monthly average (2003)

Anmerkung: Die Diagramme wurden nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (Offenbach a. M.) erstellt.

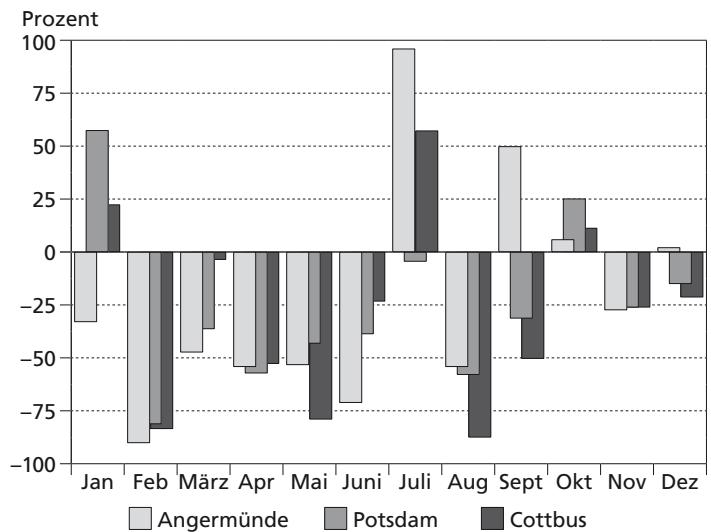


Abbildung 9: Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Monatsmittel (2003)

Figure 9: Variation of precipitation sum from the long-time monthly average (2003)

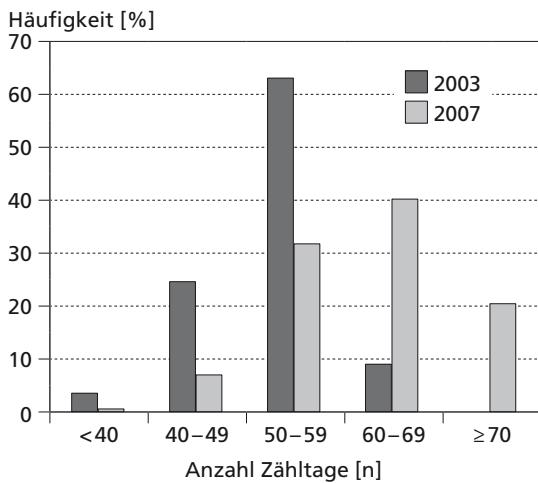


Abbildung 10: Häufigkeiten des Auftretens von Zähltagen an Fallenstandorten in Kiefernbeständen Sachsens 2003 (n = 89) und 2007 (n = 191)

Figure 10: Frequency of counting days at traps locations in Saxon pine stands 2003 (n = 89) and 2007 (n = 191)

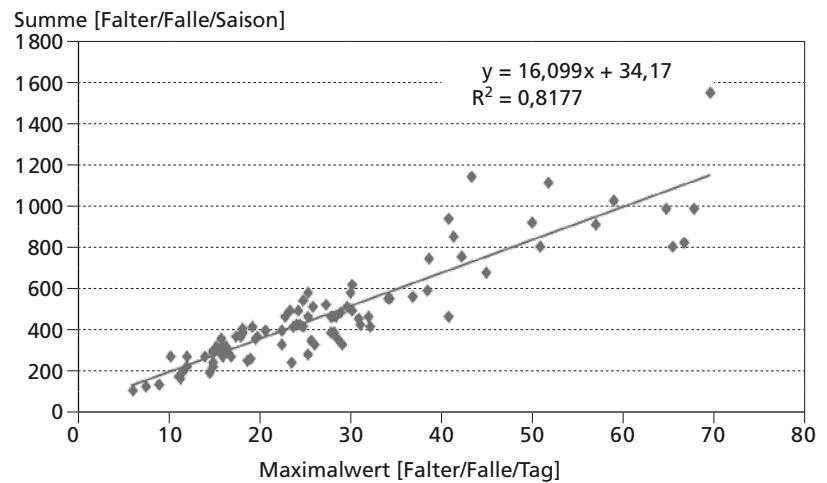


Abbildung 11: Vergleich des Regressionsverlaufs der Maximal- und Gesamtwerte männlicher Nonnenfalter an ausgewählten Pheromonfallenstandorten in Sachsen 2003 (n = 89)

Figure 11: Comparison of regression gradient of maximum and total values from male nun moths at selected pheromone traps locations in Saxony year 2003 (n = 89)

Fallenstandorten mit einer geringen und mittleren Anzahl von Zähltagen, was mit einer kurzen Falterflugdauer gleichzusetzen ist, besonders hoch ist. Neben der vergleichsweise kurzen Flugdauer ist in Tabelle 5 (MAJUNKE et al. 2006) eine weitere Besonderheit des Flugverlaufes auffällig: Über 23 % der Maxima fallen in die Zeitphase vor dem 15. Juli. Dieser Sachverhalt wiederum lässt einen zeitigen Flugbeginn vermuten.

Betrachtet man nun den Verlauf der für 2003 berechneten Regressionsgeraden der Maximal- und Gesamtwerte männlicher Nonnenfalter ist zunächst wiederum eine sehr hohe Abhängigkeit feststellbar ($B = 0,82$), siehe Abbildung 11. Außerdem tritt ein vergleichsweise hoher Regressionskoeffizient auf, der die Gerade etwas steiler ansteigen lässt. Die Merkmale des Flug-

verlaufes entsprechen in etwa den Beschreibungen von MORS (1942) über einen kurzzeitigen, frühen und intensiven Flug.

Gradationsphase/Dichte

Mit der Betrachtung unterschiedlicher Fangzahlbereiche männlicher Nonnenfalter an Pheromonfallen wurde das Ziel verfolgt, evtl. Unterschiede beim Verlauf der Regression aufzuzeigen. Wie Abbildung 12 zeigt, sind die jeweiligen Regressionskoeffizienten sehr ähnlich. Der von „x“ unabhängige Wert „c“ ist allerdings bei der Geraden mit den Fangwerten ≥ 400 Falter um ein Vielfaches höher. Er deutet damit auf andere Voraussetzungen hinsichtlich des Umfangs fangbarer Faltermengen in dieser Zeitphase hin. Es kommt durch den höheren „Konstantenwert“ bei der Geraden, die

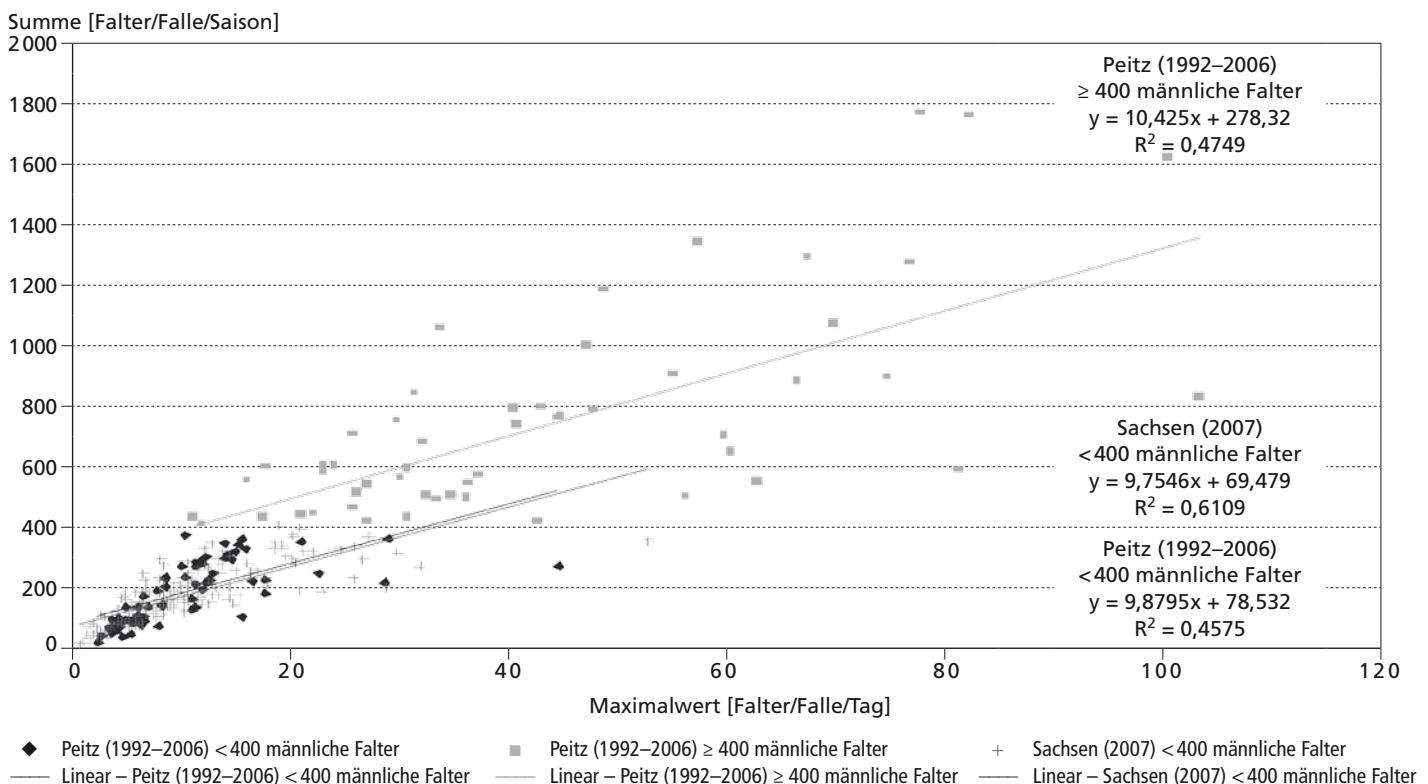


Abbildung 12: Vergleich der Maximal- und Gesamtwerte männlicher Nonnenfalter an ausgewählten Pheromonfallenstandorten in Südbrandenburg/Peitz (1992 bis 2006: n = 131) und Sachsen (2007: n = 185)

Figure 12: Comparison of maximum and total values of male nun moths at selected pheromone traps locations in South Brandenburg/Peitz (1992 to 2006: n = 131) and Saxony (2007: n = 185)

Tabelle 5: Zeiträume des Auftretens maximaler Flugaktivitätsdichten männlicher Nonnenfalter

Table 5: Appearance time period of maximum covey action density of male nun moths

	Jahr	Anzahl Flächen/Fallen	Zeitraum	Häufigkeit der Maxima [%]
MAJUNKE et al. (2006)	2000	69 (Kiefer)	< 15. 07.	1,5
			15. 07.– 15. 08.	98,6
			> 15. 08.	0
	2001	62 (Kiefer)	< 15. 07.	8,1
			15. 07.– 15. 08.	83,9
			> 15. 08.	8,1
	2003	89 (Kiefer)	< 15. 07.	23,6
			15. 07.– 15. 08.	76,4
			> 15. 08.	0
	2006	64 (Kiefer)	< 15. 07.	3,2
			15. 07.– 15. 08.	96,8
			> 15. 08.	0
		16 (Fichte)	< 15. 07.	0
			15. 07.– 15. 08.	100,0
			> 15. 08.	0
	2007	191 (Kiefer)	< 15. 07.	1,6
			15. 07.– 15. 08.	98,4
			> 15. 08.	0
		50 (Fichte)	< 15. 07.	0
		15. 07.– 15. 08.	93,9	
		> 15. 08.	6,1	

aus dem Datenmaterial der höheren Fangzahlen berechnet wurde, zu einer fast parallel verlaufenden Verschiebung nach oben, was unter der Annahme, dass höhere Ausgangsdichten oder fangbare Faltermengen vorhanden sind, auch plausibel ist. Ein Einfluss der Fangzahlhöhe auf die Höhe des Regressionskoeffizienten ist nicht nachweisbar.

3.1.3 Zeitliche Einordnung der Maxima

Beim Einsatz lockstoffbeködeter Fallensysteme zur Überwachung des Schwarmfluges männlicher Nonnenfalter erscheinen die ersten Falter in Abhängigkeit effektiver Tem-

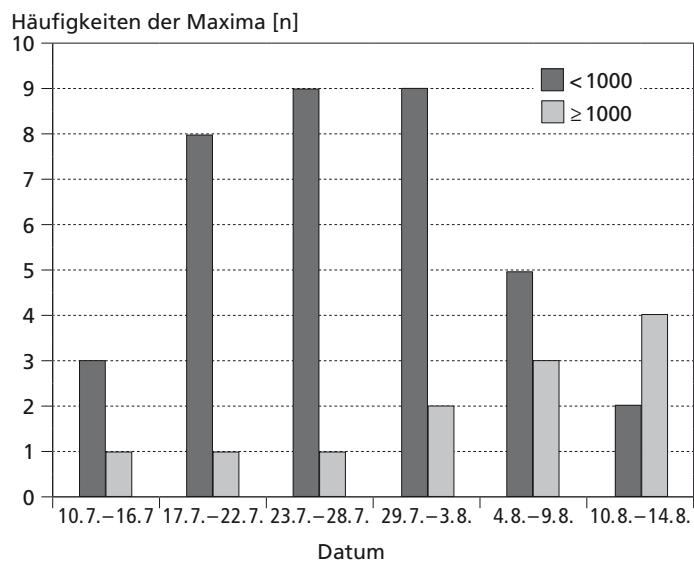
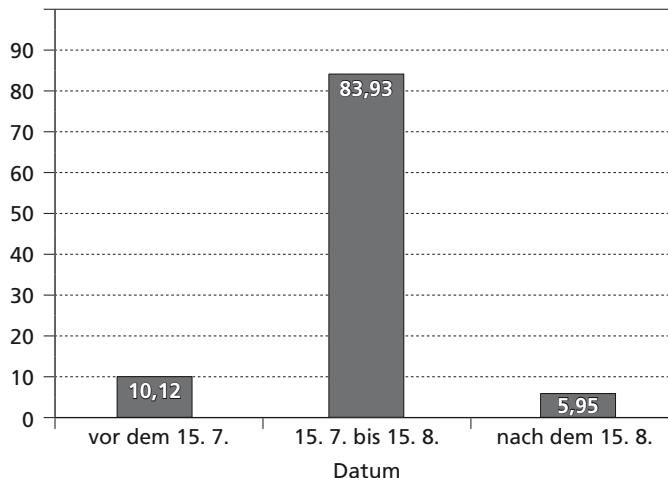


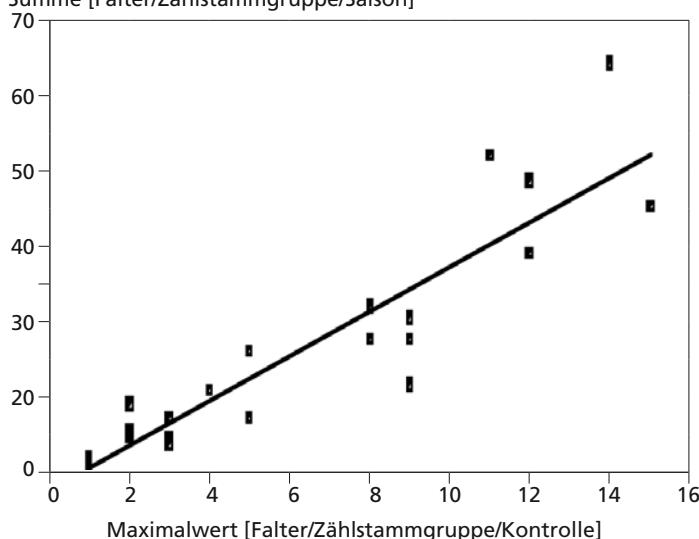
Abbildung 13: Darstellung der Häufigkeiten der Maxima, getrennt nach Dichtebereichen (< 1000 und ≥ 1000 Individuen männlicher Falter, n = 49) (LEHN 2008)

Figure 13: Demonstration of frequency of maximum, separated by density (< 1000 and ≥ 1000 individuals of male nun moths, n = 49) (LEHN 2008)

Häufigkeiten der Maxima männlicher Falter [%]

**Abbildung 14:** Darstellung der relativen Summenhäufigkeiten der Tagesmaxima (1992 bis 2006, n = 168) (NOACK 2008)**Figure 14:** Demonstration of relative cumulative frequency of day maximum (1992 to 2006, n= 168) (NOACK 2008)

Summe [Falter/Zählstammgruppe/Saison]

**Abbildung 15:** Maximal- und Gesamtwerte weiblicher Nonnenfalter an ausgewählten Zählstammgruppen in Südbrandenburg im Zeitraum 1993 bis 2005 (n = 27)**Figure 15:** Maximum and total values of female nun moths at selected groups of counting stems in South Brandenburg from 1993 to 2005 (n = 27)**Tabelle 6:** Parameter der linearen Regression zwischen Gesamtfangzahlen und Maximalwerten weiblicher Nonnenfalter; basierend auf Falterkontrollen in Kiefernbeständen in den Jahren 1993 bis 2005**Table 6:** Parameter of linear regression between total trapping values and maximum female nun moths, based on trapping values in pine stands 1993 to 2005

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standar-disierte Koeffizienten	Signifi-kanz
	B	Standard-fehler	Beta	Standard-fehler
(Konstante)	-2,268	2,014		0,271
Maximalwert Falter/Zählerstammgruppe/Kontrolle	3,427	0,286	0,923	0,000
Abhängige Variable: Summe Falter/Zählstammgruppe/Saison				

peratursummen etwa Ende Juni bis Anfang Juli (ZWÖLFER 1935, GAJEWSKI 2001). In den Folgewochen steigen die Fangzahlen meist kontinuierlich an, um nach Erreichen eines oder mehrerer Gipfelwerte schließlich wieder geringer zu werden. Spätestens in der ersten Septemberhälfte ist der Flug meist beendet. FEICHT (1997) bestimmt die Temperatur als wesentlichsten Einflussfaktor auf den Beginn der Flugzeit und die Aktivität der Falter. Demnach ist mit kontinuierlichem Anstieg der Temperatur auch eine gleichmäßige Zunahme der Falter zu verzeichnen. Erreicht der Falterflug sein Maximum, hat der Temperaturverlauf keinen entscheidenden Einfluss mehr. Temperaturen unter 10 °C hemmen den Falterflug oder bringen ihn auch über längere Zeiträume zum Erliegen. Mehrgipfligkeit des Falterfangverlaufes ist in Ostdeutschland keine Seltenheit und wird besonders durch kühle und regenreiche Sommerwitterung verursacht (MORS 1942, WELLERSTEIN 1942, FEICHT 1997, GAJEWSKI 2001).

Wenn man die unter Punkt 3.1.1 beschriebene Beziehung für prognostische Überwachungszwecke nutzen will, ist die zeitliche Einordnung des tatsächlichen Maximums von Bedeutung, da man daraus annähernd auf die Gesamtmenge der Falter schließen kann. Das häufige Auftreten von Schwankungen der Flugintensität und die genannte Möglichkeit der Mehrgipfligkeit lässt jedoch eine eindeutige Bestimmung eines Maximums noch während des Fluges der Nonnenfalter nicht zu. Deshalb muss ein relevanter Zeitrahmen empirisch abgeleitet werden.

Bei den von MAJUNKE et al. (2006) durchgeföhrten Recherchen in den Jahren 2001, 2001 und 2003 lagen die meisten Maxima der Flugaktivität zwischen dem 15.7. d.J. und 15.8. d.J.. Die im Rahmen dieser Untersuchungen durchgeföhrten Analysen führten zu einem gleichen Ergebnis (Tabelle 5).

Zu ähnlichen Befunden kamen auch LEHN (2008) und NOACK (2008). Sie analysierten in ausgewählten Kiefernbeständen der Ämter für Forstwirtschaft Wünsdorf (Oberförsterei Hammer), Peitz (Oberförstereien Tauer, Lieberose) und Müllrose (Oberförsterei Neuzelle) die Falterfangwerte der Nonne und berechneten u. a. das zeitliche Auftreten der Maxima des Falterfluges (Abbildung 13, Abbildung 14).

3.2 Analyse möglicher Zusammenhänge zwischen den Gesamtzählwerten und den Maximalwerten weiblicher Falter an so genannten Zählstämmen

Die Parameter der linear angenommenen Regressionsgleichung ($y = bx + c$) sind in Tabelle 6 dargestellt. Es ergibt sich die Gleichung $y = 3,43x - 2,27$. Auch bei diesen Werten wird eine Abhängigkeit deutlich (Abbildung 15) und durch ein hohes Bestimmtheitsmaß von 0,85 bestätigt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Bestimmtheitsmaße der linearen Regression zwischen Gesamtfangzahlen und Maximalwerten weiblicher Nonnenfalter; basierend auf Falterkontrollen in Kiefernbeständen in den Jahren 1993 bis 2005**Table 7:** Stability indices of linear regression between total trapping values and maximum female nun moths, based on trapping values in pine stands 1993 to 2005

R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
0,923(a)	0,852	0,846	6,566
Einflussvariable: (Konstante), Maximalwert Falter/Zählstammgruppe/Kontrolle			

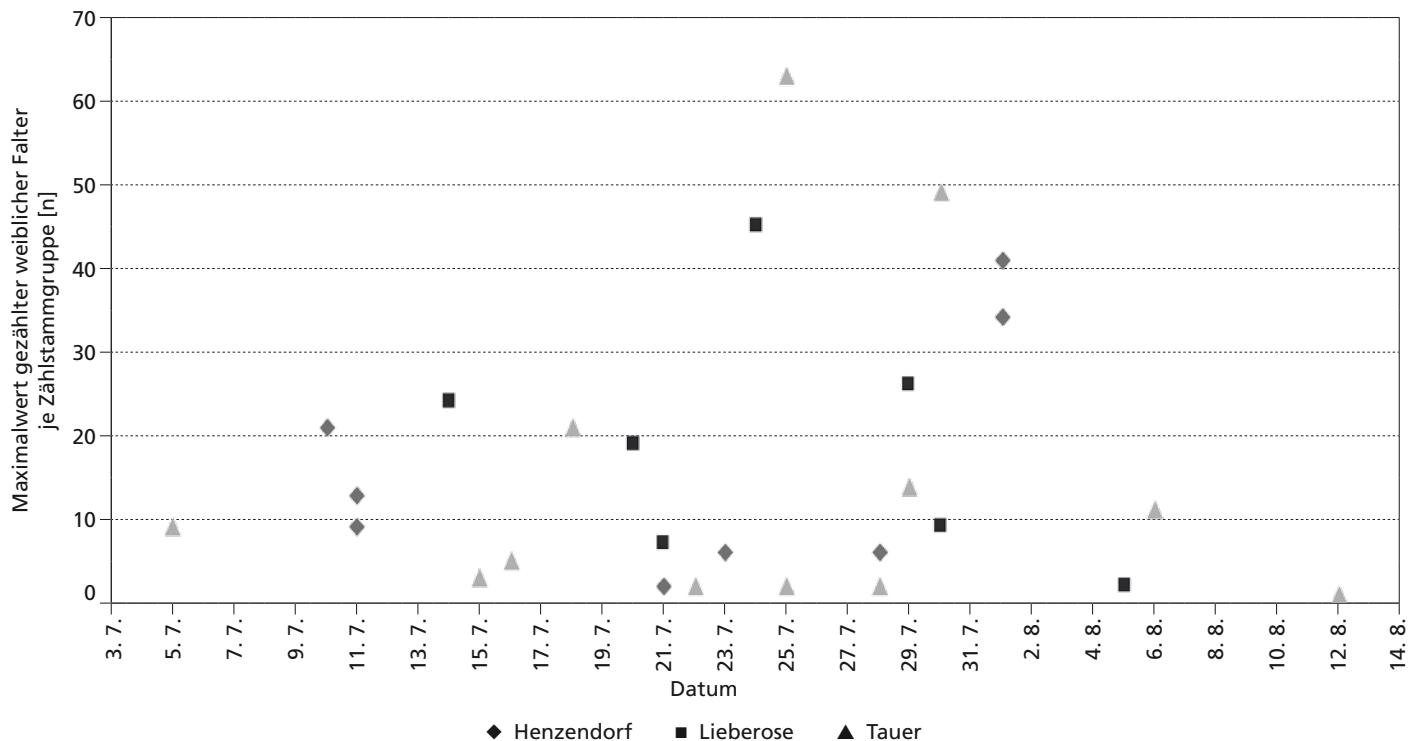


Abbildung 16: Zeitliches Auftreten der Maximalwerte an ausgewählten Zählstammgruppen im Untersuchungsgebiet von 1993 bis 2005, n = 27 (NOACK 2008)

Figure 16: Chronological appearance of maximum values at selected groups of counting stems in the investigation area from 1993 to 2005, n = 27 (NOACK 2008)

Das Auftreten der weiblichen Falter an den Zählstämmen konzentrierte sich bei diesen Untersuchungen ebenfalls in der zweiten Juli- und ersten Augusthälfte (Abbildung 16).

4 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen

Der nachgewiesene Zusammenhang zwischen den Maximalfangwerten pro Tag und Gesamtfangwerten pro Jahr (Saison) männlicher Nonnenfalter an lockstoffbestückten Trockenfallen (Variotrap) konnte besonders mit umfangreichem Datenmaterial aus sächsischen Kiefernbeständen bestätigt werden. Die Beziehung folgt den Regressionsgleichungen $y = 16,37x + 62,43$ (2006) und $y = 10,84x + 61,15$ (2007). Dabei beschreibt y den Gesamtfang innerhalb einer Schwarmperiode und x den in dieser Periode ermittelten Maximalfang. Auch die weiblichen Fangwerte an so genannten Zählstammgruppen korrelieren in ähnlicher Weise ($y = 3,43x - 2,27$). Entsprechende Berechnungen mit Datenmaterial der Jahre 1993 bis 2005 aus Südbrandenburg erbrachten ein Bestimmtheitsmaß von 0,85.

Die für den Trockensommer 2003 mit sächsischem und südbrandenburgischem Material durchgeführten Berechnungen ergaben einen jahreszeitlich zeitigen, vergleichsweise kurzen und auch intensiven Falterflug. Der Regressionskoeffizient war höher als bei den anderen Berechnungen. Trotz auftretender Streuungen und varierender Regressionskoeffizienten, vermutlich in Folge von Witterungseinflüssen, kann die von MAJUNKE et al. (2006) abgeleitete Regressionsgleichung für die Schätzung von Gesamtfangmengen einer Saison nach Ermittlung des Maximalwertes genutzt werden. Diese Empfehlung gilt zunächst für die Kiefernbestände Südbrandenburgs und Nordsachsens. Für andere Regionen empfiehlt sich eine entsprechende Überprüfung des Verlaufes der Regressionsgeraden mit dort vorhandenem Datenmaterial.

Die aufgezeigte Abhängigkeit eröffnet die Möglichkeit, die Kontrollen zum Auftreten männlicher und weiblicher Falter auf den Zeitraum 15. 7. bis 15. 8. des jeweiligen Jahres unter Beibehaltung des Kontrollintervalls von 3 bis 4 Tagen zu beschränken und das jeweilige Maximum zu bestimmen. In der Folge kann näherungsweise auf die Menge der Gesamtfalter geschlossen werden. Damit ist eine Reduktion der gegenwärtig praktizierten Kontrollen und des damit verbundenen Aufwandes in den Landesforstverwaltungen um ein Drittel bis 50 % denkbar.

Im Vergleich zum so genannten „Abbruchverfahren“, bei dem die Falterzählung bei Erreichen kritischer Dichten eingestellt wird, besteht der große Vorteil, dass bereits vorhandene Zeitreihen zum Auftreten der Nonne an den meist längerfristig bestehenden Kontrollstandorten fortgeschrieben werden können.

Literatur

- APEL, K. H.; HÄUSSLER, D.; WAWRZYNIAK, H. (1984): Rationalisierungsmöglichkeiten bei der Überwachung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) durch Pheromonanwendung. Sozialistische Forstwirtschaft, Berlin 34: 314–316.
- BIERL, B. A.; BEROZA, M.; COLLIER, C. W. (1972): Isolation, identification and synthesis of the gypsy moth sex attractant. J. Econ. Ent 65: 659–664.
- FEICHT, E. (1997): Zum Anflugverhalten von Kieferneule (*Panolis flammea* Schiff.), Nonne (*Lymantria monacha* L.), Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.) und Kleiner Frostspanner (*Operophtera brumata* L.) an Pheromonfallen unter Berücksichtigung von Witterungsbedingungen. Dissertation, Maximilian Universität München, 184 S.
- GAJEWSKI, B. (2001): Analyse des Flugverlaufes der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in ausgewählten Bereichen des Landes Brandenburg; Diplomarbeit FH Eberswalde, 60 S.

- GRIES, G.; GRIES, R.; KHASKIN, G.; SLESSOR, K. N.; GRANT, G. G.; LISKA, J.; KAPITOLA, P. (1996): Specificity of nun and gypsy moth sexual communication through multiple- component pheromone blends. *Naturwissenschaften* Berlin 83: 382–385.
- LEHN, A. (2008): Untersuchungen zum Falterflug der Nonne (*Lymantria monacha* L.) in der Oberförsterei Hammer. Bachelorarbeit FH Eberswalde. 42 S.
- LOHMANN, B. (2005): Untersuchungen zum Falterflug der Nonne (*Lymantria monacha* L.) mit Hilfe von Pheromonfallen im Zusammenhang mit meteorologischen Faktoren in Brandenburg. Diplomarbeit FH Eberswalde. 60 S.
- MORS, H. (1942): Der Nonnenfalter während einer Massenvermehrung. In WELLENSTEIN, G. (1942): Die Nonne in Ostpreußen. Paul Parey Berlin und Hamburg: 176–206.
- MAJUNKE, C.; OTTO, L.-F.; LOHMANN, B.; ENGELMANN, A.; HAUSWIRTH, M. (2006): Grundlagen zur Rationalisierung der Überwachung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) mit beköderten Lockstoff-Fallen. AFZ-DerWALD 14: 751.
- NOACK, U. (2008): Untersuchungen zum Falterflug der Nonne (*Lymantria monacha* L.) an Pheromonfallen und Zählstammgruppen in ausgewählten Revieren Südbrandenburgs. Bachelorarbeit FH Eberswalde, 58 S.
- OTTO, L.-F. (2007): Waldschutzsituation 2006/07 in Sachsen. AFZ-DerWald 7: 351–353.
- WELLENSTEIN, G. (1942): Die Nonne in Ostpreußen (1933–1937). Paul Parey Berlin und Hamburg, 682 S.
- ZWÖLFER, H. (1935): Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. *Z. ang. Ent.* 21: 333–384.

Autoren

Prof. Dr. Curt Majunke

ist Fachgebietsleiter für Angewandte Forstentomologie, Angewandte forstliche Phytopathologie und Waldschutz an der Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich für Wald und Umwelt Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde Telefon: 03334 65404, Fax: 03334 65428 E-Mail: cmajunke@fh-eberswalde.de

Udo Noack

ist Funktionsförster im Landesbetrieb Forst Brandenburg, Betriebsteil Peitz, Oberförsterei Reuthen Reuthener Waldstraße 42 a 03130 Felixsee Telefon: 03563 595127, Fax: 03563 608552 E-Mail: udo.noack@affpei.brandenburg.de

Lutz-Florian Otto

ist Leiter des Referates Waldbau / Waldschutz in der Geschäftsleitung des Staatsbetriebes Sachsenforst Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft Bonnewitzer Straße 34 01796 Pirna OT Graupa Telefon: 03501 542335, Fax: 03501 542213 E-Mail: lutz.otto@smul.sachsen.de