

Beeinflusst der Mond das Pilzwachstum? Eine Reanalyse

VOLKER GUIARD

Zusammenfassung – Nach Hirschmann und Hirschmann (2000) besteht eine Korrelation zwischen der Mondphase und der Zahl der in einer natürlichen Umwelt zu findenden Pilze bzw. der Zahl der bei einer Pilzberatungsstelle Auskunft suchenden Personen. Ihr Urteil stützt sich auf 32 Jahre umfassende Unterlagen von Pilzberatungsstellen, starke gleitende Mittelungen der Daten, jedoch keinen Signifikanztest. Eine Reanalyse der Originaldaten mittels der SAS-Prozeduren GAM und GENMOD ergibt, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Mondphase und dem Wachstum von Pilzen besteht. Nur der Wochentag, das Kalenderjahr und der Tag innerhalb der Saison erwiesen sich als signifikante Einflussgrößen für die Zahl der bei den Pilzberatungsstellen abgelieferten Pilze. Werden die Daten in drei Subgruppen zu jeweils etwa 10 Jahren getrennt analysiert, zeigen sich einige signifikante scheinbare „Mondeffekte“, die jedoch bezüglich der relevanten Mondphase von Dekade zu Dekade nicht stabil sind. Zusammenfassend handelt es sich bei den angeblichen Mondeffekten mit hoher Wahrscheinlichkeit um Artefakte, die auf das gleitende Mittelungsverfahren sowie die eventuelle menschliche Gewohnheit zurückgehen, in Abhängigkeit von der Mondphase Pilze zu sammeln. Für weitere Untersuchungen zu dieser Frage wird die Verwendung von kontrollierten Daten aus der industriellen Pilzzucht empfohlen, um solche Störvariablen auszuschließen.

Schlüsselbegriffe : Mond – Pilze – Wetter – statistische Artefakte

Is the growth of mushrooms influenced by the moon? A reanalysis

Abstract – According to Hirschmann and Hirschmann (2000) there is a correlation between the lunar phase and the size of the mushroom harvest in any given area and/or the number of visits to a mushroom consultation service. They based their conclusion on 32 years of mushroom consultation protocols, using highly smoothed data (running averages) but not tests of significance. A re-analysis of the original data, using the SAS-procedures GAM and GENMOD, reveals that there is no significant impact of lunar phase on the growth of mushrooms. Only the day of the week, the year, and the day of the mushroom season are relevant factors for the number of mushrooms brought to the mushroom consultation service. The data are also reanalysed in three subgroups, each covering about 10 years. In these subgroups there seems to be some significant “lunar effects”, but these are not stable from decade to decade, with respect to the relevant moon phase. We conclude that the alleged lunar effects are most probably artefacts, resulting from smoothing procedures. There is possibly also an effect due to human mushroom collecting habits. For further investigations it is recommended to use controlled data from industrial mushroom breeding to exclude such interfering factors.

Keywords : moon – mushrooms – weather – statistical artefacts

Problemstellung

Nachdem das Pilzberater-Ehepaar Hirschmann häufig mit der Frage nach dem „besten Mondalter“ für das Pilzwachstum bedrängt wurde, entschlossen sie sich anhand von rund 1800 Pilzberatungsprotokollen aus 32 Jahren zu zeigen, dass es sich hierbei nur um „Hirngespinnste“ handele. Sie listeten auf, wie viele Pilzberatungen zu einem bestimmten Mondalter (=Tage nach Neumond) stattfanden und wie viele Pilze je Beratung vorgelegt wurden. Ihre Überraschung war groß, als sich für das Merkmal „Anzahl der Pilzberatungen“ ein etwa sinuskurvenartiger Verlauf ergab, der für das Merkmal „Pilzzahl pro Beratung“ ähnlich, wenn auch weniger deutlich ausfiel. Das Maximum lag etwa beim ersten Mondviertel. In ihrer Veröffentlichung zogen sie die Schlussfolgerung: „Der Zusammenhang zwischen Mondphasen und Pilzwachstum ist erwiesen!“ (Hirschmann und Hirschmann, 2000). Sie betonten aber auch, dass trotzdem das Wetter die wesentlichste Einflussgröße bleibe. Nicht untersucht wurde jedoch, ob der gefundene Kurvenverlauf ein pures Zufallsergebnis sein könnte. Dieser Frage soll im folgenden nachgegangen werden.

Die Hirschmanns legten ihren Artikel zunächst der „Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften“ (GWUP) vor und baten um eine kritische Stellungnahme. Eine erste Analyse wurde daraufhin von Nienhuys (2001) gegeben. Dieser zerlegte die Kurvenverläufe mit der harmonischen Analyse in Sinuskurven. Er kam zur Schlussfolgerung, dass kein signifikanter Mondeffekt vorliegt. Dieses Ergebnis basierte jedoch nicht auf einem statistischen Test, sondern auf „Augenmaß“.

Nachfolgend soll versucht werden, die Daten mit angemessenen Modellen zu analysieren (z.B. mit wenigen Sinuskurven), wobei plausiblere statistische Verteilungen angenommen und außerdem weitere relevante Einflussgrößen berücksichtigt werden sollen.

Literaturstand

Zur mathematischen Modellierung des Kurvenverlaufs bzw. zur Formulierung von Hypothesen wäre es hilfreich, wenn man von Vorinformationen ausgehen könnte. Die Suche nach solchen Studien war aber erfolglos. Endres und Schad (1997) geben zwar einen ausführlichen Überblick über die Mondperiodik bei Mensch und Tier, jedoch werden Pflanzen von ihnen nur kurz auf einer Seite behandelt, wobei meistens genauer kontrollierbare physiologische Parameter betrachtet werden. Pilze werden von ihnen nicht erwähnt.

Geht man vom Gehalt der populären Mondfolklore aus, so berichtet das „Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens“, dass alle Tätigkeiten, bei denen sich „die Sache zum Guten entwickeln soll“, bei zunehmendem Mond zu beginnen seien, anderenfalls bei abnehmendem Mond. Diese Regel soll für alle Gebiete des Landlebens zutreffen (Bächtold-Stäubli und Hoffmann-Krayer 1987, S. 481). Wenn man die erfolgreiche Pilzernte als Vorteil versteht, so würde diese Regel sogar mit dem von Hirschmann und Hirschmann (2000) gefundenen Kurvenverlauf korrespondieren. Bezüglich weiterer Einzelheiten wird in dem Handwörterbuch auf eine Dissertation von Wolf (1929) verwiesen. Wolf schreibt, dass in manchen Gegenden der Vollmond als höchste Kraftäußerung interpretiert wird, in anderen Gegenden steht dabei aber der Beginn des Nachlassens im Vordergrund. Die Ausführungen von Wolf beziehen sich aber nur auf landwirtschaftliche Nutzpflanzen und auf die Termine

landwirtschaftlicher Aktivitäten, wie z.B. Aussaat und Ernte. Eine Extrapolation auf Wildpflanzen wird nicht ausdrücklich erwähnt. Auch Paungger und Poppe (2000) äußern sich nicht über Pilze.

Eine Suche im Internet erbrachte ebenfalls nur wenige widersprüchliche Hinweise. An einer Stelle (<http://www.8ung.at/cyberwyb/mond/mondkalender.html>) werden z.B. die drei Tage um den Vollmondtermin zum Pilzsammeln empfohlen – was dem Trend der Daten von Hirschmann und Hirschmann (2000) nicht gerade entspricht. An anderem Ort (<http://home.arcor.de/bergmann.peter/42.htm>) wird nur beiläufig als vermeintliche Auffassung von Pilzsuchern erwähnt, dass nur bei zunehmenden Mond die Pilze richtig wachsen. An wiederum anderer Stelle¹ (http://www.exclusiv.li/AUSGABE%2061/Seite_13/Pilze.HTM) liest man folgende recht unklare Aussage: „Der Pilz wächst nach dem Mond, das Myzel entwickelt sich im Leermond zu ca. 50% im Boden und der Fruchtkörper kann je nach Mondstellung in einer Nacht hervor schießen“. Es wird jedoch nicht verraten, welche Mondstellung gemeint ist.

Material und Methode

Daten

Als Datenmaterial dienen die von Hirschmann und Hirschmann (2000) zur Verfügung gestellten Daten aus 1793 Beratungsprotokollen (245 eigene und 1548 Protokolle des Pilzberaters K.J. Süß) aus den Jahren 1967 bis 1998. Diese Daten enthalten auch das mit dem Astronomie-Programm EPHEMERIDEN² berechnete Mondalter, das nahezu der Anzahl der Tage nach dem letzten Neumond entspricht. Genauer gesagt wird hierbei jedoch der Winkelabstand zwischen Mond und Sonne auf ein Intervall mit der Länge der mittleren Dauer (29,53058912 Tage) des synodischen Mondumlaufs (von Neumond zu Neumond) projiziert, so dass ein Winkel von 360° einem Mondalter von 29,53 Tagen entspricht. Wegen der Ungleichmäßigkeit des Mondumlaufs ist die Änderung des Mondalters von einem Kalendertag zum nächsten allerdings geringfügig variabel, sie beträgt nur im Mittel exakt einen Tag. Auch die Umlaufzeit von 29,53 Tagen ist nur ein Mittelwert. Hirschmann und Hirschmann (2000) runden das Mondalter auf ganze Zahlen und rechnen weiterhin mit den Werten 1 bis 29. Es gibt in ihrem Datensatz aber auch 26 Fälle mit dem Mondalter 0 (genauer: 0,07 bis 0,48), diese Daten wurden jedoch nicht berücksichtigt, was hier jedoch nur als formale Feststellung betrachtet werden soll und nicht als Ursache für die Besonderheiten der Ergebnisse. In der den Daten mitgegebenen Beschreibung empfehlen Hirschmann und

¹ Ein Gutachter des Manuskripts machte mich darauf aufmerksam, dass diese www-Seite mittlerweile nicht mehr existiert, womit auch gleich das allgemeine Problem des Zitierens von www-Seiten angesprochen ist. Eine Nachprüfung ergab, dass <http://www.exclusiv.li> die www-Seite einer Zeitschrift „Exclusiv“ bezeichnet, welche ihre Internetrepräsentation umgestaltete. Ein Archiv alter Ausgaben gibt es hier (zur Zeit?) nicht. Es war aber festzustellen, dass mein Zitat sich auf einen Artikel ab Seite 13 des Hefts 61/2001 der Druckausgabe dieser Zeitschrift bezieht.

² Diese Software wird von S. Bräkling („Astrosoft“, Eupener Weg 10, 48149 Münster) vertrieben.

Hirschmann, nur die Tage der Hauptpilzzeit (1.7. bis 31.10.) zu verwenden, sie verwenden in ihrer Auswertung aber auch 27 Tage außerhalb dieser Saison. In ihrer Auswertung betrachten sie zudem für jedes Mondalter die Anzahl der Beratungen und die Stückanzahl je Beratung. Die von ihnen in der Veröffentlichung angegebenen Werte zum Tag x sind jedoch nicht diese Originalwerte, sondern jeweils Mittelwerte der Werte vom Tag $x-7$ bis $x+7$, also von etwa der Hälfte der gesamten Mondumlaufzeit. Durch diese starke Mittelung entsteht eine Glättung, welche mitunter Zufälligkeiten verwischen und einen systematischen Zusammenhang vortäuschen kann. Zumindest ist anhand solcher Daten die eventuelle Zufallsbedingtheit der resultierenden Kurven schwer zu beurteilen. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen für die beiden Merkmale sowohl die Mittel je Mondalter als auch die geglätteten Kurven. Intuitiv hat man den Eindruck, dass die 15-Tages-Mittel zwar den mittleren Verlauf der (einzelnen) Tagesmitteln recht gut beschreiben, andererseits eine Verbesserung dieser Beschreibung eventuell durch eine gleitende Mittelung von weniger als 15 Tagen erreicht werden könnte.

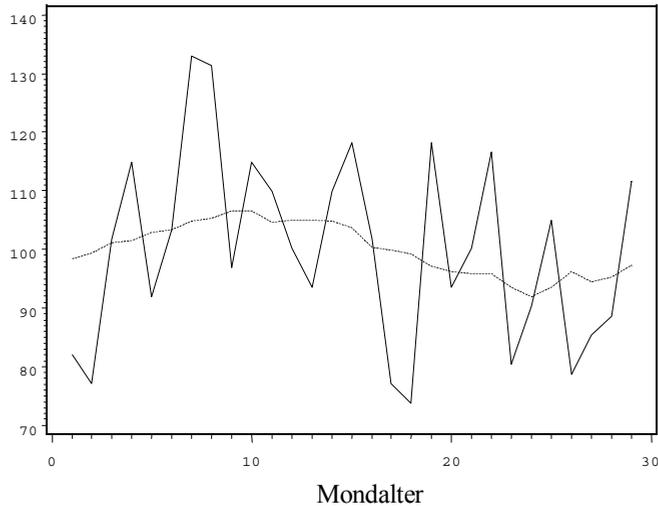


Abbildung 1: Mittlere Werte und gleitende 15-Tages-Mittel der Zahl der Pilzberatungen in Abhängigkeit vom Mondalter, dargestellt als Prozentwert des Mittels.

Da der sinuskurvenartige Verlauf bei dem Merkmal Beratungsanzahl etwas deutlicher ausgeprägt ist, wollen wir uns hier zunächst nur auf dieses Merkmal beschränken. Die Ergebnisse bezüglich der Stückanzahl werden anschließend nur summarisch zusammengefasst. Gemäß der Empfehlung von Hirschmann und Hirschmann verwenden wir nur die Daten der Pilzsaison, also die 123 Tage vom 1. Juli bis 31. Oktober.

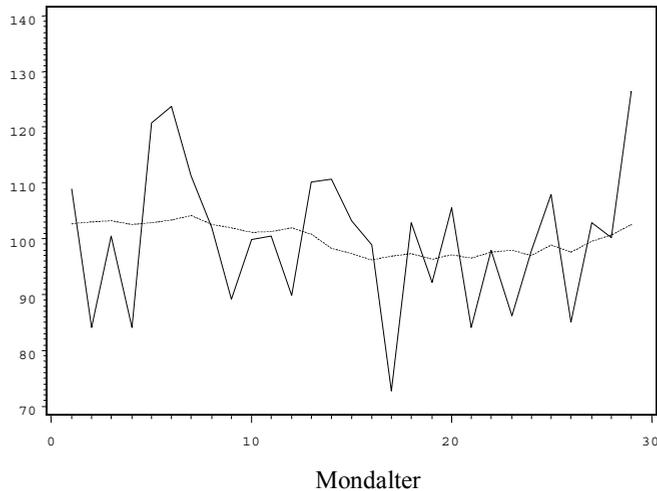


Abbildung 2: Mittlere Werte und gleitende 15-Tages-Mittel der Pilz-Stückzahlen je Beratung in Abhängigkeit vom Mondalter, dargestellt als Prozentwert des Mittels.

Modell und Auswertungsmethoden

Phasentage

Den Winkelabstand zwischen Mond und Sonne (kurz: WMS) berechnen wir auch mit dem EPHEMERIDEN-Programm. Der Einfachheit halber teilen wir die Werte WMS in 30 Klassen mit einer Breite von 12° ein. Diese Klassen bezeichnen wir formal als Phasentage.

Verteilung der Beratungsanzahlen je Kalendertag

Als Tageszeit für die Berechnung des Phasentages aus dem Kalendertag wählen wir 12 Uhr Weltzeit, d.h. 13 Uhr MEZ. Da die Anzahl der Winkelklassen „Phasentage“ mit 30 ein wenig größer ist als die mittlere Tagesanzahl je Mondumlauf (29,53), kann es vorkommen, dass an einem Kalendertag ein Phasentag kurz nach 13 Uhr beginnt und am nächsten Kalendertag kurz vor 13 Uhr endet. In diesem Fall würde man von einem Kalendertag zum nächsten einen Phasentag überspringen. Dies tritt zwar in jedem Mondumlauf höchstens einmal auf, es kann deshalb aber zu Häufigkeitsunterschieden zwischen den Phasentagen von im Mittel etwa 3,3% kommen (maximal 7%), die sich dann auch auf Unterschiede in den Beratungsanzahlen auswirken können. Die Gesamtanzahl der Beratungen, die auf einen Phasentag fallen, hängt nämlich davon ab, wie oft dieser Phasentag über die betrachteten 32 Jahre auftritt. Wir werden daher alle Beratungen zusammenfassen, die auf einen Kalendertag

fallen, und das Merkmal als „Beratungsanzahl an einem Kalendertag“ umformulieren. Das heißt, dass auch die Tage zu berücksichtigen sind, an denen keine Beratungen stattfanden (für diese ist die Beratungsanzahl=0). Für jeden Phasentag wird nun nicht die Summe, sondern das Mittel aller zu diesem Phasentag gehörenden Beratungsanzahlen gebildet. Der Erwartungswert dieses Mittels ist nicht von der Häufigkeit eines Phasentages abhängig.

Für die Anzahl k der Beratungen pro Kalendertag treten im empirischen Datenmaterial von Hirschmann und Hirschmann (2000) die Werte von 0 bis 13 auf und zwar mit folgenden Häufigkeiten: 3021, 517, 199, 88, 49, 23, 20, 8, 6, 1, 3, 0, 0, 1. Es handelt sich offensichtlich um eine Poisson-Verteilung.

Zur Darstellung der Abhängigkeit des Erwartungswertes μ der Beratungsanzahl von mehreren Einflussgrößen bietet sich das so genannte verallgemeinerte lineare Modell an (McCullagh und Nelder 1989). In der Darstellung dieser Modelle ist die Wahrscheinlichkeit von z.B. k Beratungen – abweichend von der „klassischen“ Darstellung der Poisson-Verteilung – durch $\exp[(k\eta - \mu)/\phi - \log(k!)]$ gegeben, wobei η den Logarithmus des Erwartungswertes μ bezeichnet. Die Funktion $\eta = \log(\mu)$ ist die kanonische Linkfunktion. Es wird nun nicht der Erwartungswert μ , sondern sein Logarithmus η als lineare Kombination $\eta = \sum \beta_i x_i$ der Einflussgrößen x_i aufgefasst. Ermittelt man nun anhand der Daten eine Schätzung $\hat{\beta}_i$ des Regressionsparameters β_i , so liefert die Rücktransformation $\exp(\hat{\beta}_i x_i)$ eine Schätzung des Faktors, um den der Erwartungswert μ durch die Einflussgröße x_i verändert wird. Analog werden auch Konfidenzintervalle zunächst für die Summanden $\hat{\beta}_i x_i$ von η berechnet und anschließend zurücktrans-formiert.

Der in der obigen Formel der Poisson-Verteilung auftretende Skalenparameter ϕ wäre bei exakter Poisson-Verteilung gleich 1. Da aber davon auszugehen ist, dass außer den hier angenommenen Einflussgrößen noch weitere existieren, wird die Varianz im allgemeinen größer sein als theoretisch zu erwarten. Der Parameter ϕ besagt, um das Wievielfache die Varianz von ihrem theoretischen Wert abweicht. Der Wert ϕ wird hier aus dem durch die Restfreiheitsgrade geteilten Pearsonschen χ^2 -Wert geschätzt.

Eine Schnelleinführung in die verallgemeinerten linearen Modelle findet man u.a. bei Rasch et al. (1996/1998). Zur Auswertung dieses Modells wurde die Prozedur GENMOD des weit verbreiteten SAS-Programmsystems verwendet.

Verteilung der Stückanzahl je Beratung

Für die Stückanzahl je Beratung schien eine log-Normalverteilung angebracht zu sein. Daher erfolgte die Auswertung zunächst für den Logarithmus der Stückanzahl wie unter Normalverteilung; anschließend wurde zurücktransformiert.

Tests und simultane Konfidenzintervalle

Für die in den einzelnen Programmen berechneten Tests wird als Risiko erster Art der Wert $\alpha = 0,05$ vorgegeben. Für die relativ zum Gesamtmittel angegebenen Effekte der Wochentage und der Phasentage werden jeweils Konfidenzintervalle so berechnet, dass mit der Wahrscheinlichkeit $1 - \alpha = 0,95$ alle Intervalle simultan jeweils den entsprechenden Tageseffekt enthalten. Um dieses approximativ zu erreichen, werden die Intervalle mit einem auf den einzelnen Tag bezogenen Alpha-Wert α_T berechnet. Diesen Wert erhält man nach der Bonferroni-Approximation aus $\alpha_T = \alpha/k$, wenn k die Anzahl der Tage bezeichnet (7 Wochentage bzw. 30 Phasentage).

Kurvenglättung

Soll der Mondeffekt nicht für die jeweiligen Phasentage einzeln, sondern durch eine optimal geglättete Kurve beschrieben werden, so bieten sich hierfür die verallgemeinerten additiven Modelle an (Hastie und Tibshirani 1990). Hierbei wird von dem oben genannten verallgemeinerten linearen Modell ausgegangen, wobei auf der rechten Seite in $\eta = \sum \beta_j x_j$ eine Funktion $f(\text{Phasentag})$ als Summand eingefügt wird. Diese Funktion ist so zu wählen, dass einerseits die entsprechende Summe der Abweichungsquadrate möglichst klein wird, aber andererseits die Krümmung dieser Kurve nicht zu groß ausfällt. Zur Ermittlung dieser Funktion wird die SAS-Prozedur GAM verwendet³. Für die Konstruktion solcher geglätteter Funktionen ist die Information über die Nachbarwerte entscheidend. Daher gibt es an den Rändern des Untersuchungsintervalls stets Genauigkeitsprobleme, da hier im wesentlichen nur noch in einer Richtung Nachbarwerte vorliegen. In unserem Fall liegen die Winkel WMS aber nicht auf einem Intervall, sondern auf dem Kreis, so dass z.B. nicht nur der Winkelwert 358° , sondern auch 1° zur „Nachbarschaft“ von 359° gehört. Zur Anwendung des Programms GAM muss aber der Kreis an einer willkürlichen Stelle aufgetrennt werden, wobei dann eine geglättete Kurve am Ende und am Anfang dieses Intervalls nicht unbedingt die gleiche Höhe hat. Um dieses aber zu erzwingen, werden wir zwei Analysen durchführen, wobei vorher der Kreis einmal bei 0° und einmal bei 180° aufgetrennt wird. Die so entstehenden geglätteten Funktionen $f_1(\text{WMS})$ und $f_2(\text{WMS})$ werden dann mit den Gewichtsfunktionen $w_1(\text{WMS}) = (1 - \cos(\text{WMS}))/2$ und $w_2(\text{WMS}) = 1 - w_1(\text{WMS})$ zur Funktion $f = w_1 f_1 + w_2 f_2$ zusammengefasst. An den Stellen, an denen die eine Funktion unstetig ist, besteht die gemischte Funktion nur aus der jeweils anderen Funktion.

³ Eine Beschreibung dieses Programms und der Methodendetails ist zu finden unter:

<http://www.sas.com/rnd/app/da/new/801ce//stat/chap4/index.htm>

Das Programm GAM ist relativ „jung“ und noch nicht sehr komfortabel. Das damit erzielte Ergebnis soll hier aber mitgeteilt werden, da nach entsprechender Weiterentwicklung die mit diesem Programm realisierte Methode für gleichartige Fragestellungen zur „Methode der Wahl“ werden könnte. Zur Zeit ist aber z.B. die Genauigkeit der mit diesem Programm durchführbaren Tests noch äußerst unklar. Deswegen soll hier die weitere Auswertung mit dem Programm GENMOD unter Verwendung einer geeigneten Klasse von Funktionen erfolgen.

Abbildung 1 legt die Vermutung nahe, dass der Mondeffekt durch eine Sinuskurve dargestellt werden kann. Im Interesse einer größeren Flexibilität verwenden wir hier zwei überlagerte Sinuswellen (mit Frequenz 1 bzw. 2) in der Form

$$r_1 \cos[WMS - \max_1] + r_2 \cos[2(WMS - \max_2)].$$

Dabei sind r_1 und r_2 die Amplituden beider Wellen und \max_1 ist die Position des Maximums der ersten Welle. Die zweite Welle ist bei $WMS = \max_2$ und bei $WMS = \max_2 + 180^\circ$ maximal. Diese Wellenfunktionen werden als Summand in das Modell für η eingesetzt. Für diese Kurve kann auch ein Konfidenzband ermittelt werden⁴, welches mit der Wahrscheinlichkeit 0,95 die „wahre“ Effektkurve enthält, sofern letztere Kurve auch von diesem Typ ist.

Ergebnisse

Zunächst soll hier nur die Auswertung bezüglich der Beratungsanzahl demonstriert werden. Mit der GENMOD-Prozedur wurden unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Wochentag, Jahr und Saisonstage (letztere als Polynom vierten Grades) zunächst die Effekte der Phasentage getestet, da hierbei die Festlegung auf einen Funktionstyp nicht erforderlich ist. Weil hier aber 30 Tagesmittelwerte vorliegen, ist die Wahrscheinlichkeit, dass irgendein Kontrast dieser Mittel eine gegebene Signifikanzgrenze zufällig überschreitet, recht groß. Daher wird im hierfür zuständigen F-Test diese Grenze automatisch entsprechend angepasst. Einzelne starke Differenzen können damit also schwerer als signifikant entdeckt werden. Sollte der F-Test jedoch Signifikanz ergeben, so hat das den Vorteil, dass damit der Vorwurf umgangen ist, man habe nach Sichtung der Daten nur die „genehme“ Differenz betrachtet und getestet. Das Ergebnis dieses F-Tests, wie es Tabelle 1 entnommen werden kann, lässt uns diesen Vorteil aber nicht zuteil werden.

Während die Beratungsanzahlen stark vom Wochentag, dem Jahr und dem Saisonverlauf abhängen, ist der Effekt der Phase des Mondes hier völlig im unter der Nullhypothese zu erwartenden Bereich. Die Abbildungen 3 bis 6 stellen die Verläufe dieser Effekte im einzelnen dar. Natürlich ist an den Wochenenden (Abb. 4) der Pilzsammler am aktivsten, erstaunlich ist aber, dass er auch am Montag gerne „in die Pilze geht“. Dass der Sammler erst am Montag seine Sonntagernte dem Berater präsentiert ist zwar unwahrscheinlich, aber nicht völlig auszuschließen.

⁴ Verfahren 4/31/0002 in Rasch et al. (1998).

Tabelle 1: Effekte auf die Zahl der Pilzberatungen innerhalb verschiedener Zeiträume (GENMOD, F-Test).

	Gesamtzeitraum (1967-1998)	Dekade 1 (1967-1978)	Dekade 2 (1979-1988)	Dekade 3 (1989-1998)
Wochentag	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p = 0.1055$
Jahr	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$
Saisontage	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$	$p < 0.0001$
Mondeffekt Phasentage Sinuskurven	$p = 0.5839$ $p = 0.2051$	$p = 0.8361$ $p = 0.2759$	$p = 0.0743$ $p = 0.0082$	$p = 0.4509$ $p = 0.0777$
Parameter der Sinuskurven				
r_1	0.08568	0.13641	0.19941	0.21956
\max_1	122.948	28.2183	134.472	207.300
r_2	0.06301	0.11767	0.11142	0.16929
\max_2	102.286	65.0524	95.0397	21.0515

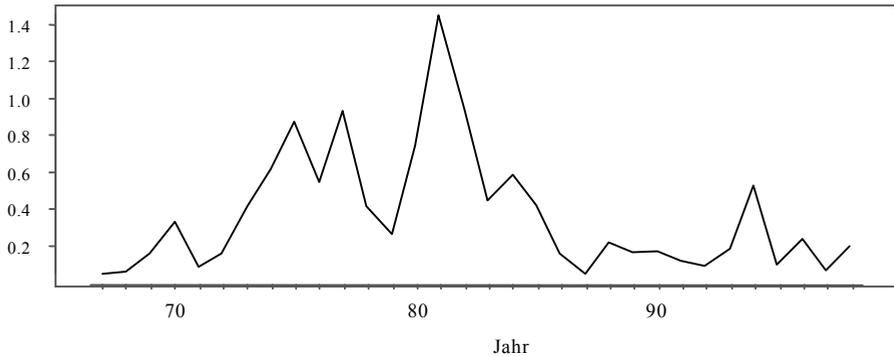


Abbildung 3: Mittlere Anzahl von Pilzberatungen pro Tag für die einzelnen Jahre. Der Jahresverlauf lässt typische Pilzjahre erkennen. In der Pilzseason 1981 gab es im Mittel sogar 1,4 Beratungen pro Tag.

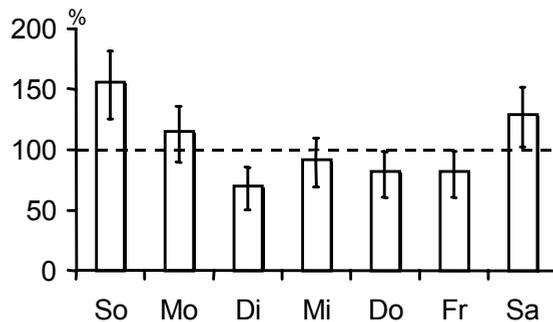


Abbildung 4: Relativer Effekt (in Prozent) des Wochentages auf die Anzahl von Pilzberatungen pro Tag, sowie Grenzen des simultanen 0,95-Konfidenzintervalls.

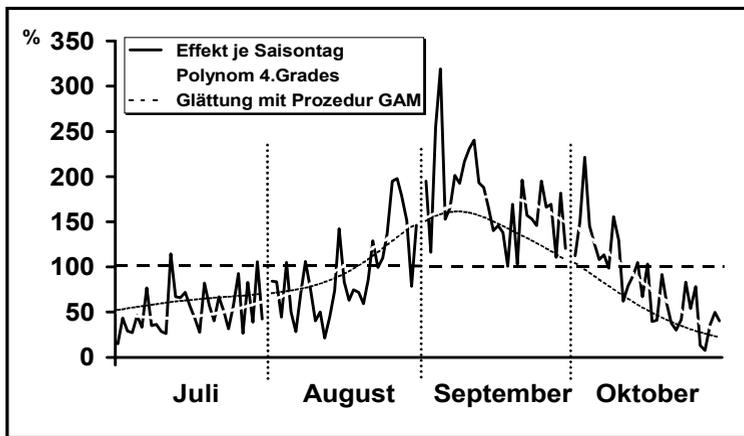


Abbildung 5: Relativer Effekt (in Prozent) des Saisontages auf die Anzahl von Pilzberatungen pro Tag und der geglättete Effektverlauf (Glättung sowohl mit einem Polynom vierten Grades als auch mit der Prozedur GAM).

Der September scheint der typische Pilzmonat zu sein (Abb. 5). Bei der Beschreibung des Saisoneffekts scheint die mit GAM berechnete Funktion weniger flexibel zu sein, als das Polynom vierten Grades. In diesem Programm kann man aber auch die Flexibilität durch Vorgabe von (verallgemeinerten) Freiheitsgraden steuern, was andererseits wiederum ein subjektives Element dieser Methode ist.

Abb. 6a

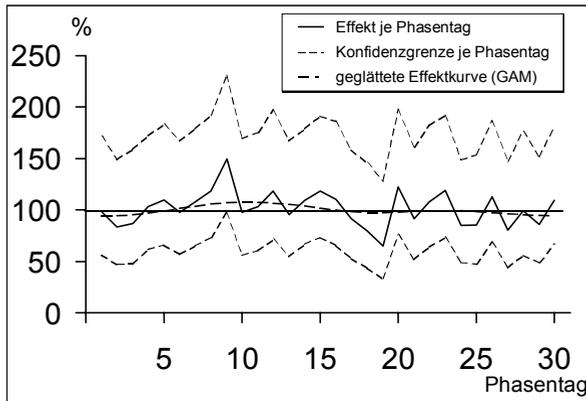


Abb. 6 b

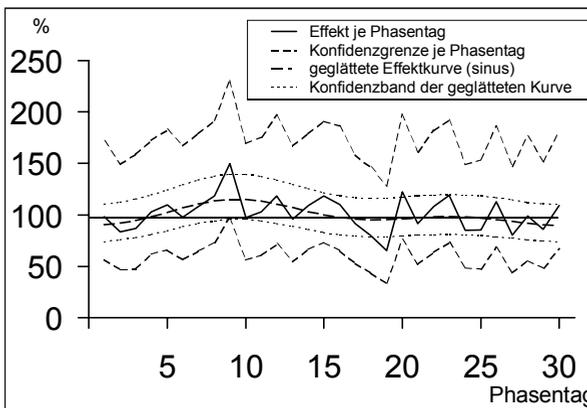


Abbildung 6: Relativer Effekt (in Prozent) des Mondphasentages auf die Anzahl von Pilzberatungen pro Phasentag und die entsprechenden Grenzen der simultanen 0,95-Konfidenzintervalle. Die Linie 100% wurde markiert. Zusätzlich in 6a: Geglätteter mittlerer Kurvenverlauf, berechnet mit GAM. Zusätzlich in 6b: Geglätteter Kurvenverlauf, berechnet durch zwei Sinuswellen (siehe Haupttext) und das entsprechende 95%-Konfidenzband.

Der Verlauf der Phaseneffekte (Abb. 6) entspricht in etwa dem aus Abb. 1 bekannten. Da diese Ergebnisse aus der Rücktransformation aus der logarithmischen Skala stammen, sind die Konfidenzbereiche multiplikativ symmetrisch, d.h. eine Abweichung nach oben um z.B. den Faktor 2 entspricht einer Abweichung nach unten um den Faktor 1/2.

Da der F-Test (Tabelle 1) keinen Hinweis auf einen Effekt der Mondphasentage gab, wollen wir nun für den – eventuellen – Effektverlauf das oben beschriebene Modell zweier Sinuskurven annehmen, wobei wir uns allerdings des oben bereits erwähnten Vorwurfes nicht ganz erwehren können, da dieses Modell aus den Kurvenverläufen der Abbildungen 1 und 6 und damit aus den vorliegenden Daten motiviert wurde. Die Abbildung 6b enthält diese so berechnete Mondeffektkurve, welche recht gut mit der mittels GAM berechneten Kurve aus Abb. 6a übereinstimmt. Aber auch der entsprechende p-Wert des F-Tests für dieses Modell (Tabelle 1) gibt keinen Hinweis auf Signifikanz.

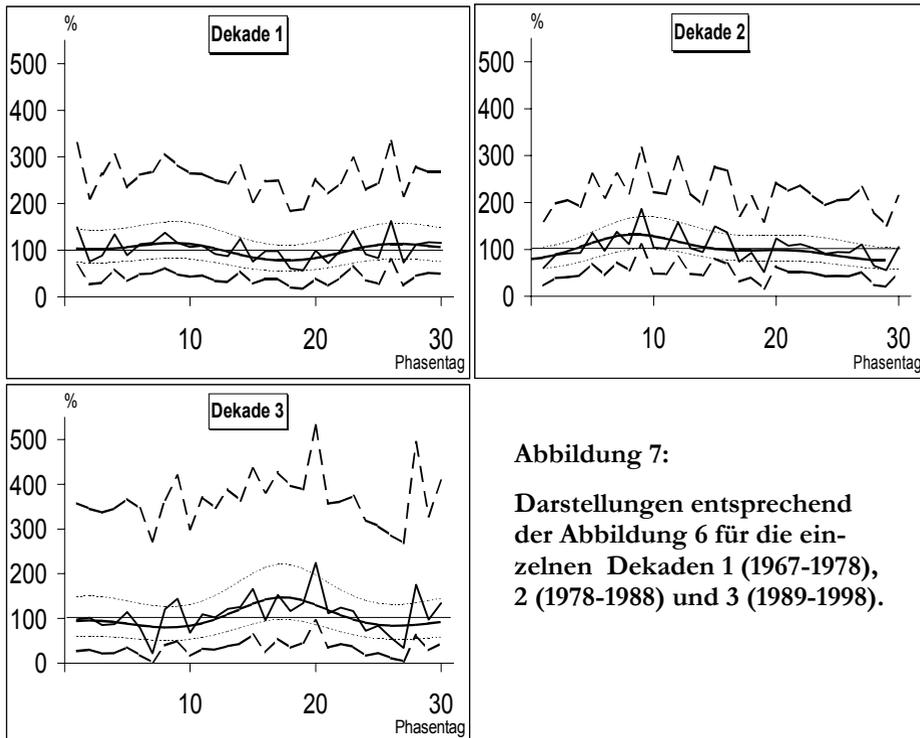


Abbildung 7:

Darstellungen entsprechend der Abbildung 6 für die einzelnen Dekaden 1 (1967-1978), 2 (1978-1988) und 3 (1989-1998).

Es ist noch interessant, wie sich dieser nicht signifikante Effektverlauf innerhalb mehrerer Jahresgruppen verhält. Dazu wählten wir die „Dekaden“ 1967 bis 1978, 1979 bis 1988 und 1989 bis 1998. Ist tatsächlich kein Mondeffekt vorhanden, so muss innerhalb der Dekaden mit verschiedenen zufälligen (nicht signifikanten) Verläufen gerechnet werden. Sollte doch ein schwacher Effekt vorhanden sein, so ist eine größere Ähnlichkeit zwischen den Dekaden zu erwarten (womit der oben genannte eventuelle Vorwurf ein wenig abgeschwächt werden könnte). Analog zur Abb. 6b werden deshalb in Abb. 7 die Verläufe innerhalb der Dekaden dargestellt, wobei die Kurven zwischen den sehr breiten Konfidenzintervallen kaum auf-

fallen. Deswegen wurden in Abb. 8 nur die Kurven ohne Konfidenzbereiche in vergrößertem Maßstab dargestellt. Die entsprechenden p-Werte der Tests sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Kurvenverläufe in den Dekaden sind teilweise sehr unterschiedlich. Das zweite Maximum in der ersten Dekade ist in der zweiten Dekade nicht zu finden. In der dritten Dekade gibt es kurz nach Vollmond ein starkes Maximum. Es fällt auch auf, dass in der dritten Dekade die Konfidenzbereiche bedeutend breiter sind, obwohl der Datenumfang bei den Dekaden 2 und 3 mit jeweils 10 Jahren identisch ist. Man beachte auch, dass die Wochentagsunterschiede in der dritten Dekade nicht mehr signifikant ausfallen. Die Abb. 3 zeigt jedoch, dass die Anzahl der Beratungen in der dritten Dekade recht gering war, womit der Informationsgehalt der Daten und damit auch die Aussagegenauigkeit sinkt.

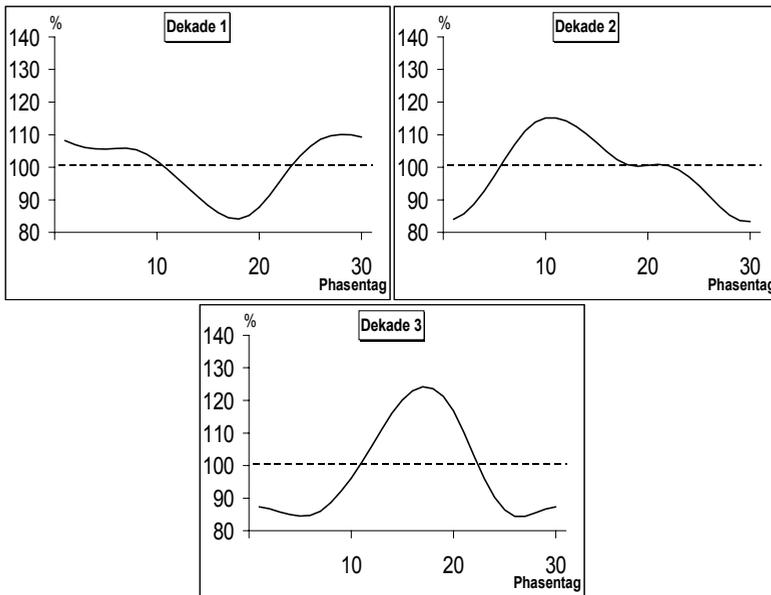


Abbildung 8: Vergrößerte Darstellungen der geglätteten Sinuskurvenverläufe aus Abbildung 7.

Obwohl bei der dekadenweisen Auswertung jeweils weniger Daten verwendet wurden als in der Gesamtauswertung ist zumindest für die zweite Dekade der p-Wert des Tests für die Phasentage bedeutend kleiner, er unterschreitet jedoch nicht den α -Wert 0,05. Die simultanen Konfidenzintervalle liegen jedoch für den Tag 9 über dem Normalniveau von 100% und zeigen damit eine signifikante Abweichung nach oben an. Diese Diskrepanz resultiert aus der Tatsache, dass diese Konfidenzintervalle nur bezüglich aller Differenzen zwischen den Tagesmitteln und dem Gesamtmittel simultan sind, während der F-Test alle möglichen Kontraste berücksichtigt. Der mit Sinuskurven dargestellte Mondeffektverlauf ist in der zweiten Dekade deutlich signifikant ($p=0,0082$), was auch dem Konfidenzband anzusehen ist: es überschreitet am Tag 9 die 100%-Linie.

Es ist verwunderlich, dass trotz des geringeren Datenumfanges innerhalb der Dekaden eher Signifikanz zu finden ist als in der Gesamtauswertung. Nicht das Gemeinsame, sondern das Unterschiedliche scheint hier das Wesentliche zu sein. Es wäre also interessant zu wissen, ob diese Unterschiede ihrerseits signifikant sind. Daher wurde in das Modell der Gesamtauswertung der Faktor Dekade und seine Wechselwirkung mit dem Mondeffekt hinzugefügt. Für die Wechselwirkung Dekade*Phasentage ergab sich keine Signifikanz ($p=0,4325$). Nach Darstellung des Mondeffektes durch Sinuskurven ergab sich jedoch für ihre Wechselwirkung mit den Dekaden ein p -Wert von 0,0123. Die Ausprägung des mittleren Mondeffektes – als Sinuskurven dargestellt – verringerte sich jedoch durch diese zusätzliche Berücksichtigung der Wechselwirkung ($p=0,62$ im Gegensatz zu $p=0,21$ ohne Wechselwirkung). Dies scheint die These „Das Mittel ist nichts, der Unterschied ist alles“ zu bestätigen.

Für die Stückzahl der Pilze pro Beratung ergab sich keinerlei Signifikanz eines Mondeffektes ($p=0,2$ im Sinusmodell), auch nicht für die Wechselwirkungen zwischen Dekaden und Mondeffekt ($p=0,8$). Die Wochentage und die Dekaden hatten jedoch einen signifikanten Effekt ($p=0,04$ bzw. $p=0,02$).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Aus den dargelegten Auswertungen ergibt sich ein ziemlich verwirrendes Gesamtbild bezüglich des vermeintlichen Mondeffektes auf die Anzahl der Pilzberatungen. In der Gesamtauswertung liefern die Daten keinen eindeutigen Hinweis auf einen Mondeffekt. Die signifikanten Unterschiede des (durch Sinuskurven dargestellten) Mondeffektes zwischen den Dekaden stehen aber ihrerseits auch mit dem Mond im Zusammenhang, nur dass sich dieser Zusammenhang mit der Zeit ändert. Oder sollte es sich hier nur um ein statistisches Artefakt handeln? Ausschließen kann man dies nicht. Es wurde z.B. auch versucht, die Wechselwirkung zwischen Dekaden und Saisoneffekt zu testen, was aber zur Nichtschätzbarkeit dieser Effekte führte. Die Daten scheinen also mit dem bisherigen Umfang an Modellparametern „ausgereizt“ zu sein.

Das Merkmal Beratungsanzahl ist sehr von subjektiven Entscheidungen des Pilzsammlers abhängig, was auch an den größeren Beratungsanzahlen an den Wochenenden deutlich wird, die sicherlich nicht mit dem Pilzwachstum zusammenhängen. Auch zeitliche Veränderungen von Gewohnheiten oder Moden spielen eine Rolle. So könnten für die geringen Beratungsanzahlen in der dritten Dekade nicht nur ein geringeres Pilzwachstum sondern auch andere Ursachen in Frage kommen. In dieser Dekade waren z.B. die Beratungsanzahlen an den Sonnabenden deutlich niedriger. Sollte hier etwa für den Sonnabend das Pilzesammeln (zugunsten des Häuslebauens?) aus der Mode gekommen sein? Außerdem wäre es denkbar, dass einige Pilzfreunde ihre Sammelzeiten bereits nach dem Mond ausrichten und somit einen scheinbaren Zusammenhang zwischen Beratungsanzahlen und Mondphasen provozieren.

Die gesammelte Stückzahl von Pilzen ist vermutlich bedeutend weniger von subjektiven Faktoren abhängig – im Vergleich zur Festlegung des Zeitpunktes, wann man „in die Pilze“ geht. Damit scheint es auch zusammen zu hängen, dass bezüglich der Stückzahl der Pilze keinerlei Mondeffekt nachweisbar war. Die Wochentage spielen aber auch hier eine Rolle.

Wahrscheinlich wird der Pilzfreund, wenn er sich schon entschieden hat, sammeln zu gehen, sich am Wochenende dafür mehr Zeit nehmen, als am Werktag.

Für ähnliche Untersuchungen wären systematisch geplante Versuche mit besser kontrollierbaren Parametern vorzuziehen. Insbesondere wären Daten aus der industriellen Pilzzucht geeigneter, da dort das Pilzwachstum regelmäßig und unabhängig von subjektiven Faktoren erfasst wird. Es gibt z.B. unterirdische Einrichtungen zur Champignonzucht⁵. Diese wären eine sehr interessante Datenquelle, da hierbei der Wettereinfluss reduziert ist. So könnte auch ein vom Wetter unabhängiger Mondeinfluss überprüft werden.

Nehmen wir dennoch einmal an, dass die Mondphase einen Einfluss auf das Pilzwachstum hätte, welcher nur auf Grund seiner Geringfügigkeit hier nicht aufgezeigt werden konnte. Welche Konsequenzen würden sich daraus ergeben und welche Wirkprinzipien könnten dem zugrunde liegen?

Für die Pilzsammler wäre dieser Zusammenhang sicherlich keine Hilfe, da er im Vergleich zu anderen Einflüssen (wie z.B. dem Wetter) viel zu schwach ist. Außerdem geht es auch nur um ein statistisches Mittel, welches so gut wie nichts für den einzelnen Tag aussagt. Es kann aber auch für das Mittel keine eindeutige Regel angegeben werden, weil diese nach den hier diskutierten Resultaten für verschiedene Zeitperioden sehr unterschiedlich ausfallen würde.

Zu den Wirkprinzipien, die einem solchen Zusammenhang zugrunde liegen könnten, sind nur Spekulationen möglich. Wie jeder Pilzfreund weiß, ist das Pilzwachstum extrem stark vom Regen abhängig. Wird der Regenfall vielleicht vom Mond beeinflusst? Malberg (1999) konstatiert tatsächlich anhand langjähriger Wetterdaten Abhängigkeiten der Niederschlagsmenge und der mittäglichen und miternächtlichen Bewölkungsmenge von der Mondphase, welche „mit hoher Wahrscheinlichkeit statistisch signifikant“ sein sollen, er verrät jedoch nicht, was diese Aussage bedeuten soll und auf welche Methoden/Modelle er sich dabei bezieht. Malberg vergleicht auch Kurvenverläufe verschiedener Dekaden, wobei große Unterschiede sichtbar werden. Auch wenn ein Mondeinfluss vorliegen sollte, so gelingt es doch nicht, die Art dieses Zusammenhanges zu beschreiben, da er von vielen weiteren, bedeutend stärkeren Einflüssen modifiziert wird, so dass der Mondeinfluss „im Alltag untergeht“ (Malberg). Wie könnte aber ein Mondeinfluss auf das Wetter physikalisch erklärt werden? Laut Malberg kann der für die Meere bekannte Gezeiteneffekt in Bezug auf die Atmosphäre wegen ihrer geringen Masse vernachlässigt werden. Auch der Einfluss auf die Temperatur an der Erdoberfläche ist unbedeutend (bei Vollmond 0,02°C höher als bei Neumond). Ein Einfluss elektromagnetischer Wellen bei Gewittern, den sogenannten Spherics, konnte anhand der Wetterdaten nicht gefunden werden. Malberg spekuliert, dass eventuell das Massefeld Mond-Erde-Sonne den Zufluss kosmischen Staubs in die Erdatmosphäre mit den Mondphasen variieren könnte, wobei der Staub die Kondensation der Feuchtigkeit und damit den Niederschlag fördert. Das Wetter seinerseits hat bekanntlich einen starken Einfluss auf viele biologische Systeme. So wäre die Wirkkette vom Mond auf die Pilze also äußerst indirekt, und da das Wetter das vorletzte Glied dieser Kette ist, wäre es ratsam, die Pilzsammeltermine lieber direkt nach dem Wetter auszurichten und nicht nach dem – das

⁵ Auskunft von R. Krasselt vom Pilz-Museum in Neuheide.

Wetter nur äußerst schwach beeinflussenden – Mond zu schauen. Eine tägliche Wetterprognose anhand des Mondes muss, so Malberg, ausgehen wie das „Hornberger Schießen“.

Danksagung

Ganz herzlich möchte ich mich bei dem Ehepaar Hirschmann für die Bereitstellung der Daten bedanken.

Literatur

- Bächtold-Stäubli, H.; Hoffmann-Krayer, E. (1987, Hrsg.): Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens, Band 6. De Gruyter, Berlin
- Hastie, T. J.; Tibshirani, R. J. (1990): Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London/New York/Tokyo/Melbourne/Madras.
- Hirschmann, U.; Hirschmann, F. (2000): Unser Mond und sein Einfluss auf das Pilzwachstum – Lassen sich Zusammenhänge nachweisen? *Natur und Mensch (Jahresmitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg)* 1999, 79-82.
- McCullagh, P.; Nelder, J.A. (1989): Generalized Linear Models. Chapman and Hall, London/New York/Tokyo/Melbourne/Madras.
- Malberg, H. (1999): Bauernregeln aus meteorologischer Sicht. Springer, Berlin/Heidelberg.
- Nienhuys, J. (2001): Stellungnahme zu dem Artikel von Hirschmann und Hirschmann. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Paungger, J.; Poppe, T. (2000): Das Mondlexikon vom richtigen Zeitpunkt. Hugendubel, München.
- Rasch, D.; Herrendörfer, G.; Bock, J.; Viktor, N.; Guiard, V. (1996/1998, Hrsg.): Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung Band 1 (1996) und Band 2 (1998). Oldenbourg, München/Wien.
- Schad, W.; Endres, K.P. (1997): Biologie des Mondes. Hirzel, Stuttgart/Leipzig.
- SAS Institute Inc. (1999): SAS/STAT® User's Guide, Version 8.
- Wolf, W. (1929): Der Mond im deutschen Volksglauben. Konkordia, Bühl (Baden).

Korrespondenzanschrift:

PD Dr. Volker Guiard
 Zum Laakkanal 14, D-18109 Rostock
 E-Mail: guiard@anomalistik.de