

Sektion 8 – Populationsdynamik / Epidemiologie / Prognose I

08-1 - Schlagenhauser, S.¹⁾; Engelhardt, B.²⁾; Wolf, P.F.J.¹⁾; Verreet, J.-A.¹⁾

¹⁾ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ²⁾ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Erstellung einer witterungsgestützten Befallsprognose zur Bekämpfung des Echten Mehltaus (*Podosphaera macularis*) an Hopfen (*Humulus lupulus*)

In den letzten Jahrzehnten wurde der Hopfen standort- und jahresspezifisch unregelmäßig von Echtem Mehltau (*Podosphaera macularis*) befallen. Da nur wenige protektive Fungizide mit überwiegend prophylaktischen Eigenschaften registriert sind, wird in der Praxis regelmäßig in Intervallen nach Ermessen des Pflanzers behandelt. Als Überdauerungsformen kommen die Entwicklung von Kleistothecien als auch die Überwinterung mittels eines Ruhemycel in Frage. Nach Überwinterung in Freilandbedingungen befanden sich in Kleistothecien keine vitalen, keimfähigen Ascosporen. Unter künstlichen Bedingungen (-18 °C dauerhaft bzw. trocken bei etwa 5 °C) behielten die Ascosporen ihre Vitalität bei, hingegen konnten sie auf anfälligen Blättern keine Infektion verursachen. Dagegen wurde die Mycelüberwinterung häufig beobachtet. Es ist davon auszugehen, dass die Überwinterung ausschließlich in Form eines Ruhemycel an beispielsweise Wildhopfen, nicht gerodetem oder ungeschnittenem Hopfen stattfindet. Die Konidien können im Mai, ausgehend von einzelnen Inokulumquellen, große Flächen (bis ca. 50 ha) infizieren. Die Blätter einer Hopfenpflanze weisen nach wenigen Tagen Altersresistenz auf. Demnach befällt Echter Mehltau nur junge Blätter. Im Laufe der Vegetationsperiode (ab Anfang Juni) unterliegen auch diese anfälligen Blätter sowohl am Primärtrieb als auch an den Seitentrieben einer zunehmend veränderten Prädisposition und werden tolerant.

Um die Wahrscheinlichkeit zu beschreiben, mit der eine Inokulumquelle in einem Hopfengarten eine Epidemie induzieren kann, wurden für einen Bestand die Anzahl der Blätter, Blattfläche und Anfälligkeitsgrad getrennt für Triebart und Blattetage als Gefährdungspotential der Kulturpflanze analysiert und definiert. Das Gefährdungspotential des Hopfens ist im Frühjahr mit Austrieb sehr hoch, steigert sich im Mai, um nachfolgend Anfang Juni auf ein nahezu geringes Gefährdungspotential abzufallen. Die Infektionswahrscheinlichkeit ist im weiteren Verlauf von dem aktuell vorliegenden Inokulumpotential abhängig.

Die Einstufung eines hohen Gefährdungspotentials in der frühen Phase der Hopfenkultur ist einerseits mit der Existenz von Primärinokula im Bestand verbunden; bei abnehmendem Gefährdungspotential (Mitte Juni) bei früher Infektion wird häufig diese abnehmende Prädisposition der Pflanze durch ansteigende Befallsstärkewerte und einhergehend hoher Sporulation überkompensiert. Nach Absinken des Gefährdungspotentials der Kulturpflanze und gering vorhandenem Inokula besteht keine weitere Epidemieentwicklung, so dass auf fungizide Gegenmaßnahmen verzichtet werden kann. Erregerspezifisch induzierte Schäden schlagen sich in Ertrags- und Alphasäureverlusten sowie einer Minderung der optischen Qualität nieder, was bis zum Totalausfall der Ernte führen kann. Zur Minderung des Schadauftritts und der epidemiologischen Kontrolle wurde ein Prognosesystem entwickelt, welches aktuell die optimalen Applikationszeitpunkte anzeigt. In Klimakammerversuchen mit Jungpflanzen wurden hierzu die biologischen Präferenzen des Erregers gegenüber den dominierenden Witterungsparametern analysiert. Dabei sind die Temperatur (Optimal: 18 bis 23 °C), die Temperaturdifferenz zwischen Tag und Nacht (möglichst gering) und die Lichtmenge (möglichst gering) von bedeutendem Einfluss. Relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Tau, Blattnässedauer, Regenmenge und Tageslänge üben hingegen einen nur unwesentlichen Einfluss auf das Befallsgeschehen aus.

Die Zusammenstellung der ermittelten Umweltparameter jeweiliger Simulation und resultierende Realboniturergebnisse dienen als Basis für die Erstellung eines Algorithmus, in dem alle genannten Faktoren mit entsprechender Gewichtung berücksichtigt werden. Aktuelle Wetterdaten von Agrarmeteorologischen Messstationen werden in Tagesinfektionswerte umgerechnet und dargestellt.

Aus dem Projekt resultiert eine Bekämpfungsschwelle, welche das kulturpflanzen-spezifische Gefährdungspotential sowie die biologischen Präferenzen des Erregers maßgeblich berücksichtigt. Bei hohem Gefährdungspotential (Mai) reagiert die Schwelle entsprechend angepasst sensibel. Bei errechnetem Index mit Schwellenüberschreitung wird die Applikationsempfehlung per Fax an alle Pflanzler gesandt. In Praxisversuchen konnte nachgewiesen werden, dass die witterungsgestützte Befallsprognose den hohen Befallsgrad vergleichender Kontrollvarianten durch drei prognostizierte Applikationen auf eine wirtschaftlich unbedeutende Befallsstärke reduzieren konnte.

08-2 - Pinnschmidt, H.O.; Joergensen, L.N.
University of Aarhus

Ertragseffekte von *Ramularia*-Blattflecken an Gerste

Yield effects of *Ramularia* leaf spot on barley

Die Ertragseffekte der *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit an Sommergerste wurden in mehreren natürlich infizierten Fungizid-Feldversuchen und in einem künstlich inokulierten überdachten Freilandversuch mit getopften Pflanzen ermittelt. Die in den Fungizidversuchen gemessenen Erträge und Tausendkorngewichte (TKG) waren negativ mit der *Ramularia*-Befallsstärke, aber auch mit der Befallsstärke anderer Krankheiten und physiologischer Blattflecken korreliert. Die prozentualen Abweichungen zwischen dem Ertrag bzw. TKG unbehandelter Parzellen und dem in den einzelnen Versuchsserien maximal erzielbaren Ertrag bzw. TKG betragen bis zu 30 % und waren positiv mit der Befallsstärke von *Ramularia*-Blattflecken, anderen Krankheiten und physiologischen Blattflecken korreliert. Die Hauptkomponenten der verschiedenen Befallsvariablen trugen als Kovariaten in einem Modell in signifikanter Weise zur Erklärung der abhängigen Variablen Ertrag und TKG sowie deren prozentualen Abweichungen von den maximal erzielbaren Werten bei und deuteten signifikante, nichtlineare, ertragsreduzierende Effekte der *Ramularia*-Blattfleckenkrankheit an. Die Ergebnisse des überdachten Freilandversuchs zeigten ebenfalls eine hochsignifikant negative, nichtlineare Beziehung zwischen *Ramularia*-Befallsstärke und TKG. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass 20 % *Ramularia*-befallene Blattfläche, visuell geschätzt im Stadium DC 75 (Mitte Kornfüllung), den Ertrag um fast 15 % und das TKG um fast 10 % vermindern.

Literatur

Pinnschmidt HO, Chamarek V, Cabulisan N, dela Peña F, Long ND, Savary S, Klein-Gebbinck HW & Teng PS, 1997. Yield gap analysis of rainfed lowland systems to guide rice crop and pest management. In: Kropff MJ, Teng PS, Aggarwal PK, Bouma J, Bouman BAM, Jones JW & Van Laar HH (eds.): Applications of systems approaches at the field level. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 321–338.

08-3 - Richter, L.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Von Temperatursummen zu Entwicklungswerten – Ein altbewährtes Konzept in neuem Gewand

From degree-days to development units – a tried and proven concept in new style

Temperatursummen sind seit langem ein probates Mittel, um mit vergleichsweise geringem Aufwand die Entwicklung von wechselwarmen Organismen theoretisch nachzuvollziehen. Ihr Einsatz für Vorhersagen hilft nicht nur Schäden im Agrarbereich zu vermeiden, sondern schafft häufig gleichzeitig den insbesondere auch aus ökologischer Sicht besonders wichtigen, größeren Handlungsspielraum bei wirtschaftlichen Entscheidungen. Dennoch gibt es immer wieder Fälle, bei denen trotz einer nachweisbar engen Abhängigkeit der Genese von der Umgebungstemperatur, überwiegend unbefriedigende Übereinstimmungen von Prognosen mit der Wirklichkeit erzielt werden. Die Große Getreidelaus *Sitobion avenae* (Fabr.) ist hierfür ein typisches Beispiel.

Als maßgebliche Ursache solcher Diskrepanzen gelten bislang vor allem Differenzen zwischen Messwerten aus der Luft und den Temperaturen im Mikroklima eines sich entwickelnden Pflanzenbestandes. Im konkreten Fall kommt unter anderem noch die Beeinflussung des Blattlausfluges im Frühjahr durch die Witterung hinzu. Trotzdem besteht zwischen Temperatursummen und dem wahren Auftreten der Großen Getreidelaus im Winterweizen zum Zeitpunkt 'Mitte Ährenschieben' im Raum Halle (Sachsen-Anhalt) der Jahre 1969 bis 1995 nach der Bravais-Pearson-Korrelation selbst bei $\alpha = 0,0001$ noch ein signifikanter Zusammenhang, wenn als realitätsnahe Parameter in den Berechnungen Entwicklungsnullpunkte von 0 °C bis 2 °C über den Zeitraum Januar/Februar bis Mai angenommen werden.

Das kollektive Wachstumstempo während einer kontinuierlich fortlaufenden Reproduktion wird abgesehen von thermalen Einflüssen auch von der Größe der Ausgangspopulation bestimmt. Um die Auswirkung unterschiedlicher Temperaturen adäquat vergleichen zu können, ist es daher empfehlenswert, vor Testbeginn den Effekt des exponentiellen Anstiegs zu neutralisieren. Dies wird durch Logarithmieren der Individuenzahlen erreicht. Überraschenderweise erweitert sich in dieser Konstellation der Bereich optimaler Lösungen von nahezu gleichbleibend hoher Signifikanz auf Entwicklungsnullpunkte von -3 °C bis +3 °C/+4 °C sowie sämtliche Zeiträume, die November bis Mitte Februar beginnen und im Mai enden. Die Nutzung von Temperatursummen setzt die weitgehende Konstanz der Produkte aus effektiver Temperatur und der Dauer einer Entwicklung voraus. Die Existenz eines derart weiten Bereiches an nicht zufälligen Optima ist damit vom Prinzip her ausgeschlossen.

Bei der Klärung dieses Widerspruchs half eine Simulation, nach der die Geschwindigkeit des Wachstums (v_E) bei *Sitobion avenae*-Populationen zwar von der Temperatur (T) abhängig ist, sich jedoch nicht auch in gleichem Verhältnis dazu verändert. Anhand dieser Vorgabe wurden später durch statistische Regression Funktionen geschätzt. Dabei erzielten Gleichungen mit dem Aufbau

$$v_E = f(T) = a + b \cdot \ln(T) + c \cdot T^d$$

für Abschnitte vom Entwicklungsnullpunkt bis über das Optimum hinaus die beste Übereinstimmung. Im Anschluss blieb zu prüfen, ob die bereits mit dem Standardverfahren erzielte beachtlich hohe Kongruenz von Temperatur und Abundanz durch Kompensation der mutmaßlichen Diskrepanzen tatsächlich gesteigert werden kann. In der dahin gehend modifizierten Kalkulation sind, anstelle von effektiven Temperaturen, die abzuleitenden Funktionswerte der vorher erarbeiteten Algorithmen als Äquivalente für das Voranschreiten der Entwicklung zu addieren. Die Auswertung der Untersuchung ergab eine im Vergleich zum bisherigen Verfahren erhebliche Verbesserung in der Übereinstimmung von Schätzung und Realität, wobei mit den Summen der Entwicklungswerte, unter Einbeziehung einer ca. dreiwöchigen Diapause im Januar, in dem durch die Varianten der Zeiträume mit Beginn November, Anfang Dezember bis Mai bei Entwicklungsnullpunkten von 4 °C bis 5 °C eng begrenzten Bereich die Ergebnisse in den Korrelationen nun sogar bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von Alpha = 0,0000001 signifikant sind.

Die ersten Resultate mit der Weiterentwicklung des ursprünglichen Temperatursummenkonzeptes geben Anlass, in naher Zukunft präzisere standortspezifische Prognosen über die voraussichtliche Gefährdung von Getreidekulturen durch *Sitobion avenae* (Fabr.) nach dem Winter zu Vegetationsbeginn zu erwarten. Darüber hinaus könnten Entwicklungswerte sehr wahrscheinlich auch mit guter Aussicht auf Erfolg in vergleichbaren anderen Fällen zum Erstellen bzw. zur Vervollkommnung von Vorhersagemodellen für weitere ökonomisch und ökologisch bedeutsame wechselwarme Organismen methodisch eingesetzt werden.

08-4 - Kumm, S.; Moritz, G.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Untersuchungen zum Lebenszyklus, zum Geschlechterverhältnis und zum Vorkommen von Weibchen aus unbefruchteten Eiern der arrhenotoken Thripsart *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)

Life cycle and sex ratio studies including female offspring from unfertilized eggs in the arrhenotokous thrips species *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)

Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis*, war ursprünglich ein lokaler Schädling im Westen der USA und ist heute weltweit verbreitet. *F. occidentalis* verursacht massive Schäden sowohl im Agrar- als auch im Zierpflanzenanbau und befällt 219 agrarökonomisch bedeutende Arten. Schäden werden nicht nur durch die polyphage, phytosuge Lebensweise, sondern auch durch die Übertragung von Tospoviren verursacht. Tospoviren gehören zu den zehn gefährlichsten Pflanzenviren und sind innerhalb der Familie der Bunyaviridae die einzigen pflanzenpathogenen Vertreter.

F. occidentalis zeigt eine enorme Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste biogeographische Regionen. Aus diesem Grund wurde der Einfluss von drei unterschiedlichen Temperaturen (15 °C, 23 °C, 32 °C) auf die Entwicklungszeit und das Geschlechterverhältnis von *F. occidentalis* untersucht. Mit steigender Temperatur verkürzte sich die Entwicklungsdauer der larvalen und pupalen Stadien signifikant. Die größte Variabilität in der Entwicklungszeit zeigte das zweite Larvenstadium, wobei wenige Individuen ein extrem verlängertes Larvenstadium aufwiesen. Die Entwicklungsdauer dieser Zweitlarven war in einigen Fällen so lang wie die kürzeste Gesamtentwicklungsdauer einzelner Individuen. Da *F. occidentalis* als Tospovirusvektor fungiert, könnte das extrem lange Zweitlarvenstadium für eine höhere Vermehrungsrate der Viren sorgen und somit eine besonders effiziente Übertragertätigkeit fördern.

F. occidentalis vermehrt sich durch Arrhenotokie, d. h., dass aus unbefruchteten haploiden Eiern Männchen und aus befruchteten diploiden Eiern Weibchen entstehen. Das Geschlechterverhältnis war bei hohen Temperaturen Weibchen dominiert, wobei bei fallenden Temperaturen immer mehr Männchen induziert wurden. Unsere Untersuchungen zeigten außerdem, dass aus einigen unbefruchteten Eiern ebenfalls Weibchen hervorgingen. Dieses Phänomen wurde bei allen drei getesteten Temperaturen gefunden. Endosymbiontische Bakterien der Gattung *Wolbachia* beeinflussen die Reproduktion ihrer Wirte in verschiedener Weise. Sie induzieren u. a. zytoplasmatische Inkompatibilität, Feminisierung genetischer Männchen, „Male killing“ und „Pseudo“-Thelytokie. Aufgrund der oben beschriebenen Ergebnisse wurde *F. occidentalis* mittels spezifischer Primer auf das Vorhandensein von

Wolbachien gescreent. Alle getesteten Populationen waren *Wolbachia*-frei. Endobakterien haben somit keinen Einfluss auf die Reproduktion von *F. occidentalis*.

08-5 - Volk, T.; Von Richthofen, J.-S.
proPlant GmbH

Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels auf Schädlinge und Pilzkrankheiten der wichtigsten Ackerkulturen in Nordrhein-Westfalen

Impact of climate change on plant protection in North Rhine-Westphalia

Bereits seit 20 Jahren beschäftigen sich Mitarbeiter der proPlant GmbH mit den Auswirkungen des Wetters auf Pilzkrankheiten und Schädlinge. Im Tagesgeschäft interessiert Landwirte und Berater vor allem die kurzfristige Prognose. Seit einigen Jahren ist aber auch der Klimawandel ein Thema für die Landwirtschaft. Beispielsweise werden sich bestehende Entwicklungen hin zu im Mittel wärmeren und feuchteren Bedingungen im Winterhalbjahr voraussichtlich weiter fortsetzen, die Sommer sollen dagegen trockener werden.

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) wurden mittel- und langfristige Entwicklungen des Klimawandels hinsichtlich des Pflanzenschutzes beurteilt. Innerhalb des Projektes werden die prognostizierten Klimadaten den Prognosemodellen des praxisbewährten Pflanzenschutz-Beratungssystems proPlant expert.classic zur Verfügung gestellt. Anschließend wurden die Prognosemodelle für insgesamt zwanzig Erreger über den zu prognostizierenden Zeitraum bis 2050 tageweise durchgerechnet, und für jeden Erreger wurden die agrarfachlichen und wirtschaftlichen Konsequenzen analysiert. Zu den 20 Erregern zählten beispielsweise: Gelbrost in Winterweizen (*Puccinia striiformis*), Rapsstängelrüssler in Winterraps (*Ceutorhynchus napi*), *Alternaria* in Kartoffel (*Alternaria solani* und *A. alternata*), *Cercospora* in Zuckerrüben (*Cercospora beticola*), Maiszünsler in Mais (*Ostrinia nubilalis*). Für jeden der 20 Erreger wurde jahresweise eine Kennzahl zum Infektionsdruck beziehungsweise zum Befallsdruck ermittelt. Beispielsweise war für den Schädling Rapsglanzkäfer im Winterraps die analysierte Kennzahl „erster Hauptzuflug“, wobei das Frühjahrswetter entscheidend ist. Für den Pilz Halmbruch im Winterweizen war die Kennzahl „Winter- und Frühjahrsinfektionen“, wobei auch das Wetter über Winter ausgewertet wurde.

Die Auswertung erfolgte für 6 unterschiedliche Boden-Klima-Räume in Nordrhein-Westfalen (z. B. Köln-Aachener Bucht und Höhenlagen Sauerland).

Als Klimaprojektion verwendet wurde auf Wunsch des Auftraggebers das statistische Regionalisierungsmodell „WETTREG“ (CEC Potsdam) mit folgenden Einstellungen: SRES-Szenario A1B (höheres Emissionsszenario), Simulation (Feuchtigkeit): normal.

Für jeden Schädling bzw. jede Pilzkrankheit wurde abschließend eine Beurteilung durchgeführt,

- ob der Erreger aufgrund des Klimawandels in Nordrhein-Westfalen an Bedeutung zunehmen, abnehmen oder unverändert bleiben wird,
- ob sich eventuelle Änderungen in der wirtschaftlichen Bedeutung innerhalb von Nordrhein-Westfalen regional differenzieren lassen,
- ab welchem Untersuchungsjahr eventuelle Änderungen zu erwarten sind.

Diese Analysen basieren auf der Beschreibung

- der aktuellen wirtschaftlichen Bedeutung jedes Schädlings bzw. jeder Pilzkrankheit,
- welche Wetterparameter für jeden Schädling bzw. jede Pilzkrankheit von proPlant expert.classic ausgewertet werden.

Auf der Pflanzenschutztagung werden die Ergebnisse erstmals einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.

08-6 - Limpert, E.¹⁾; Stahel, W.A.²⁾

¹⁾ ELI-o-Research; ²⁾ Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Die Normalverteilung ist nicht normal. Umdenken lohnt

The normal distribution is not normal. Rethinking pays and rewards

Die Normalverteilung gilt nicht nur in der Phytomedizin als Standard für quantitative Variation, der sich, trotz kritischer Stimmen, u. a. durch die Arbeiten von C.F. Gauß etablierte [1]. William Youden schuf ihr gar ein beeindruckendes Denkmal und bezeichnet sie „*as one of the broadest generalizations of natural philosophy*“ sowie als „*indispensable tool for the analysis and interpretation of the basic data obtained by observation and experiment*“ [2].

Ein fundamentaler Gegensatz zwischen Modell und Realität blieb allerdings trotz umfassender Anwendung weitestgehend unerkannt: Während das Modell des Standards auf *Addition* beruht, basieren variationsverursachende Phänomene und Naturgesetze vor allem auf *Multiplikation*. Aus der grossen Fülle an Beispielen, die jedem zugänglich ist (z. B. 3), hier nur einige Grundlegende: *Wachstum* ist v.a. (Gewichts- und) Volumenzunahme und somit das *Produkt* dreier Längenmaße. *Vermehrung* bedingt Zellteilung und damit die *multiplikative* Reihe 1-2-4-8-16. Zum wichtigen Gebiet von Permeabilität und Mobilität gehört u. a. das Hagen-Poiseuilleschen Gesetz mit nicht weniger als acht *multiplikativen* Schritten. Generell ist das Leben *Chemie*, wo die Geschwindigkeit der Reaktion von A mit B abhängt vom *Produkt* der einzelnen Konzentrationen. – Wegen derart umfassenden und elementaren Zusammenhängen kann einfach die Normalverteilung nicht Standard für die Datenanalyse sein.

Das Problem hat vor allem zwei Ursachen: Der symmetrischen Normalkurve stehen prinzipiell schief verteilte Daten gegenüber die, im festen Glauben an die Normalverteilung, leider standardmässig mit der Formel $\bar{x} \pm s$ (Mittelwert \pm Standardabweichung) charakterisiert werden. Wenn zum Beispiel die Verteilung von Insulin in den Individuen einer Stichprobe beschrieben wird mit 130 ± 100 müsste ein wesentlicher Teil der Werte negativ sein. Natürlich gibt es niemanden ohne Insulin! Eine derartige Beschreibung zeigt, dass die Originaldaten deutlich schief verteilt sein müssen. So können Natur und Bedeutung der Ergebnisse nicht adäquat erkannt und genutzt werden.

Die Lösung des Problems ist einfach. Das alternative Modell beruht, realitätskonform, auf Multiplikation. Es ist die multiplikative (oder Log-) Normalverteilung [4], die ähnlich gut zu handhaben ist wie die Normalverteilung [5].

An Stelle von 130 ± 100 wird so die o.g. Verteilung mit $100^{x/2}$ charakterisiert, oder, allgemein, mit \bar{x}^{x/s^*} : An die Stelle des arithmetischen tritt also das geometrische Mittel \bar{x}^* , dem additiven \pm entspricht das multiplikative „mal/geteilt durch“, $^{x/}$, und die Standardabweichung s wird ersetzt durch die *multiplikative* Standardabweichung s^* . – Annähernd 68 % der Daten befinden sich nun erwartungsgemäss im Bereich von 50 – 200, und 95 % im Bereich von 25 – 400 (\bar{x}^{x/s^*} ; 4,5).

Umdenken lohnt. Wir haben diverse normalverteilt beschriebenen Daten reanalysiert. Dabei bestätigt sich: alle Datensätze passen ebenso gut oder besser zur multiplikativen Normalverteilung, die auch nach Sachs [6] weit häufiger passt als die Normalverteilung. Bei schiefen Verteilungen der o. g. Art lässt sich die Qualität der Ergebnisse bzw. die Effizienz der Analysen wesentlich verbessern: werden die Daten wie gewohnt normalverteilt analysiert, braucht man für übliche Fragestellungen häufig eine um 50 % größere Stichprobe für die gleiche Genauigkeit. Als Beispiele aus dem Pflanzenschutz werden die Chancen mit der multiplikativen Normalverteilung u.a. an Mykotoxindaten dargestellt.

Weitere Vorteile durch Qualitäts- und Effizienzverbesserungen sind entsprechend bei Regressionen zu erwarten. Ebenso ist das *multiplikative* Modell für die Varianzanalyse besser geeignet [7]. Das heißt nicht, dass alle Statistikprogramme umgeschrieben werden müssen, da eine Logarithmus-Transformation der Daten eine nachfolgende klassische Analyse erlaubt.

Literatur

[1] Fisher, R. A. Statistical Methods for Research Workers. Oliver and Boyd, Edinburgh, 356 pp (1958).

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Talk%3ANormal_distribution.

[3] Handbook of Chemistry and Physics. **90**, CRC Press, Cleveland, Ohio (2009-2010).

[4] Limpert E, Stahel WA, Abbt M. Log-normal distributions across the sciences – keys and clues. BioScience 51, 341-352 (2001).

[5] <http://www.inf.ethz.ch/personal/gut/lognormal/brochure.html>.

[6] Sachs L. Angewandte Statistik. 11. Aufl., Springer, Berlin (2004).

[7] Fisher, R. A. & Mackenzie, W. A. Studies in crop variation II. *J Agric Sci* **13**, 311-320 (1923).