

## Indikatoren für die Vitalität von *Lumbricus terrestris* Populationen – Eine Anwendung von Partial Least Squares Pfadmodellen (PLS-PM) zur Analyse komplexer Zusammenhänge

Wolfrum, S.<sup>1</sup>, Siebrecht, N.<sup>1</sup>, Papaja-Hülsbergen, S.<sup>1</sup>, Lüscher, G.<sup>2</sup>, Jeanneret, P.<sup>2</sup>, Arndorfer, M.<sup>3</sup>, Friedel, J. K.<sup>3</sup>, Paoletti, M. G.<sup>4</sup>, Kainz, M.<sup>1</sup>, Hülsbergen, K.-J.<sup>1</sup>, Herzog, F.<sup>2</sup>

*Keywords:* Regenwurm, *Lumbricus terrestris*, Populationsvitalität, PLS-PM, Indikator

### Abstract

*Information on biodiversity and related population parameters are of key importance for assessing ecosystem services or impacts of management decisions in agriculture. However, information on these parameters is often not directly measurable. Indicators are a convenient way to gain information on these variables. Here we present Partial Least Squares Path Modeling (PLS-PM) to develop and evaluate complex indicators for biodiversity and related parameters. As an example we use data on *Lumbricus terrestris* from 76 plots on Bavarian mixed farms to create complex indicators for population viability, management intensity and site potential and model their causal relations.*

### Einleitung und Zielsetzung

Die landwirtschaftliche Produktion steht in engem Zusammenhang mit der Biodiversität. Auf der einen Seite beeinflusst die Landwirtschaft durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen die Biodiversität, auf der anderen Seite profitiert sie aber auch von wichtigen „Dienstleistungen“, die diese erbringt. Kenntnisse zur Ausprägung und zum Umfang von Biodiversität auf der Ebene des betrieblichen Anbausystems sowie zu den Wirkungen der Bewirtschaftung auf diese sind sowohl für den Naturschutz als auch für die Erhaltung der produktionsrelevanten Funktionen (z. B. Bestäubungs- oder Regulationsleistung) von größter Bedeutung. Die Messung von Biodiversität ist jedoch komplex und aufwendig, weshalb für die praktische Anwendung Indikatoren verwendet werden. Speziell für die Ebene des Betriebes, auf der viele biodiversitätsrelevanten Entscheidungen getroffen werden, fehlen bis jetzt wissenschaftlich fundierte und einfach anzuwendende Indikatoren.

Das EU-Projekt BioBio ([www.biobio-indicator.org](http://www.biobio-indicator.org)) hatte zum Ziel, diese Lücke zu schließen. Ein Arbeitsschwerpunkt lag dabei auf der Artengruppe Regenwürmer, die gerade im Hinblick auf Produktionsaspekte und Bodenfruchtbarkeit den Landwirten wichtige Informationen liefern können. Im Beitrag werden die Ergebnisse für die als Indikator für Bodenfruchtbarkeit bedeutsame Art *Lumbricus terrestris* aus der Regenwurmerfassung in der Deutschen Fallstudie analysiert. Es wurden Individuenzahl und Biomasse als Indikatoren für die Vitalität der Population verwendet und Zusammenhänge mit Habitat-, Boden- und Klimadaten sowie mit relevanten Bewirtschaftungspara-

---

<sup>1</sup> Centre of Life and Food Science, Technical University of Munich, 85354 Freising, Germany;

<sup>2</sup> Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zurich, Switzerland;

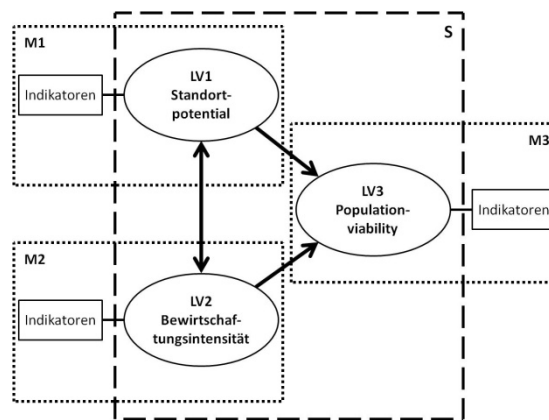
<sup>3</sup> University of Natural Resources & Life Sciences, 1180 Vienna, Austria;

<sup>4</sup> Department of Biology, Padova University, 35121 Padova, Italy;

rametern hergestellt. Dazu wurde für die Ebene der Untersuchungsflächen ein Modell entwickelt, das die Analyse komplexer Indikatoren und deren Beziehungen ermöglicht.

## Methoden

Untersucht wurden 16 (8 ökologische/8 konventionelle) zufällig ausgewählte, Milchvieh haltende Gemischtbetriebe im Bayerischen Tertiärhügelland. Zunächst wurde auf den Betrieben eine europaweit einheitliche Habitattypenkartierung (Bunce *et al.* 2011) durchgeführt. Anschließend wurde für alle Betriebe jeweils auf jedem landwirtschaftlich genutzten oder beeinflussten Habitat eine Probefläche eingerichtet. Auf insgesamt 129 Probeflächen wurden die Regenwürmer mit einer kombinierten Methode aus Austreibung mit AITC Lösung und Handauslese (Dennis *et al.* 2012) erfasst. Für die hier durchgeführten Analysen wurden Abundanz- und Biomasseergebnisse von *Lumbricus terrestris* auf 76 Probeflächen (Acker-, Grünland- und Weideflächen) als Indikatoren für Populationviability (PV) verwendet. Weiter wurden Landschaftsparameter (CLC 2006), Witterungsdaten, Bodenart und -profil sowie pH, C<sub>org</sub>, N<sub>t</sub>, K<sub>cal</sub> und P<sub>cal</sub> ermittelt. Die erhobenen Parameter dienen, zum Teil transformiert (Abb. 2 Indexwerte), als Indikatoren für Standortpotenzial und Bewirtschaftungsintensität. Für die grundlegenden statistischen Auswertungen wurde die Software R 2.15.1 (R Development Core Team 2012) verwendet. Zur Modellierung kausaler Zusammenhänge und für die Entwicklung und Evaluation komplexer Indikatoren wurde ein konzeptionelles Strukturmodell (Abb. 1) (Trincherá 2005) entwickelt. Die konkrete Berechnung und Analyse der Partial Least Squares (PLS) Pfadmodelle erfolgte mit der Software SmartPLS (Ringle *et al.* 2005).

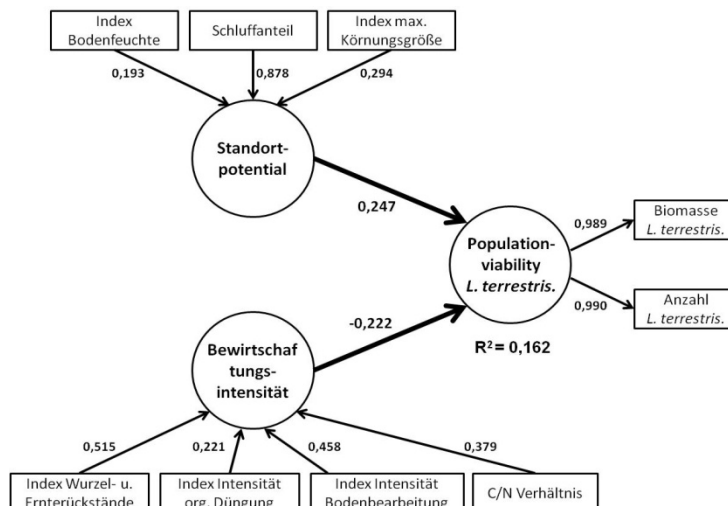


**Abbildung 1: Konzeptionelle Grundlage des Strukturmodells mit LV = latenten Variablen, M = Messmodellen mit Indikatoren, S = Strukturmodell und kausalen Beziehungen (Pfeile) zwischen den latenten Variablen**

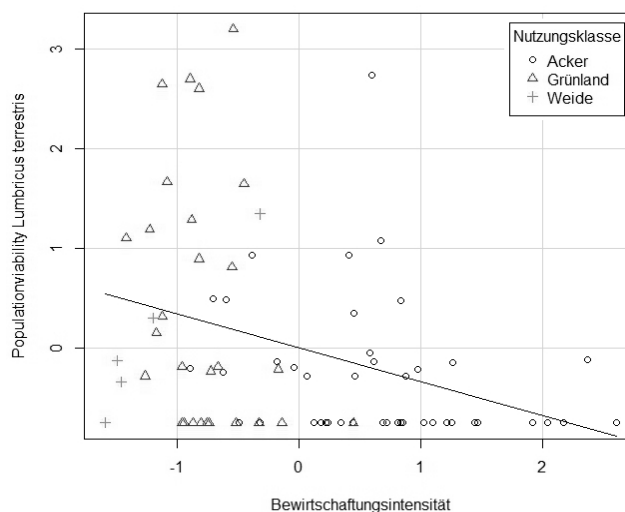
## Ergebnisse

Insgesamt wurden 9106 Regenwürmer gefangen und 11 Arten nachgewiesen. Juvenile stellen 70 % der Individuen und 42 % der Biomasse. Für die hier durchgeführten Analysen wurden nur die 126 Nachweise (388,7 g) adulter *Lumbricus terrestris* verwendet. Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen (PLS-PM) zeigen die komple-

zen Zusammenhänge zwischen der Vitalität der Populationen, dem Standortpotenzial und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsintensität (Abb. 2).



**Abbildung 2: Pfadmodell mit latenten Variablen (Kreise), Indikatoren (Rechtecke), Ladungen (reflektives Messmodell LV -> Indikator) und Gewichtungen (formatives Messmodell Indikator -> LV) der Indikatoren sowie den Pfadkoeffizienten ( $\beta$ 's) und dem  $R^2$ -Wert des Strukturmodells (erklärte Varianz von PV L.ter.)**



**Abbildung 3: Auswertungsbeispiel mit berechneten Indikatorwerten der latenten Variablen Bewirtschaftungsintensität und Populationviability ( $\beta = -0,222$ )**

## Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass mit den Daten der Fallstudienregion und dem erstellten Pfadmodell nur 16 % der Variabilität in der Individuenzahl und der Biomasse von *Lumbricus terrestris* erklärt werden können. Eine Überprüfung der Modellqualitätskriterien zeigt allerdings keine kritischen Werte, die es nötig machen würden, das Modell zu verwerfen. Aus Abb. 3 wird aber deutlich, dass durch die Kombination von Flächen mit Ackerbau und Grünlandnutzung auf den Betrieben die Heterogenität der Daten erhöht ist. Diese durch Habitatunterschiede bedingte Gruppierung der Flächen scheint die Ursache für die geringe erklärte Varianz zu sein. Für die weitere Auswertung muss diese Heterogenität in die PLS Pfadmodelle, z. B. über unterschiedliche Parameter für die Habitatklassen, integriert werden.

## Schlussfolgerungen

Die PLS Pfadmodellierung stellt eine flexible Lösung zur Entwicklung und Evaluation komplexer Indikatoren dar, wie sie z. B. für die Erfassung und Bewertung von nicht direkt messbaren Populationsparametern einzelner Regenwurmartens nötig ist. Eine Erweiterung des Modells z. B. zur vollständigen Analyse der Diversität aller Regenwurmartens, ist problemlos möglich. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die PLS Pfadmodelle einerseits Kriterien zur Evaluation von Reliabilität und Validität der Indikatoren und konkrete, bewertbare Zahlenwerte für latente Variablen wie Vitalität oder Diversität der Population zur Verfügung stellen.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Europäische FP7 Projekt „BIOBIO – Biodiversity for organic and low-input farming systems“ (KBBE-2008-1-2-01 Project no.: 227161).

## Literatur

- Bunce R. G. H.; Roche P.; Bogers M. M. B.; Walczak M. DeBlust G.; Geijzendorffer I. R.; Vanden-Borre J. (2010): Handbook for Surveillance and Monitoring of Habitats, Vegetation and Selected Species. Alterra Report, 2154. Wageningen.
- Dennis P.; Bogers M. M. B.; Bunce R. G. H.; Herzog F.; Jeanneret P. (2012): Biodiversity in organic and low-input farming systems. Handbook for recording key indicators. Alterra Report, 2308. Wageningen.
- Ringle C. M., Wende S., Will S. (2005): SmartPLS 2.0 (M3) Beta. <http://www.smartpls.de> (Abruf 30.12.2011)
- R Development Core Team (2012): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/> (Abruf 01.09.2012)
- Trinchera L.; Russolillo G. (2010): On the use of Structural Equation Models and PLS Path Modeling to build composite indicators DiSSE Working Papers, 2010/30. Macerata.