

# Optimierungspotentiale der ökonomischen Stickstoff-Effizienz: Segmentierung ausgewählter Ökolandbau-Betriebe mittels Clusteranalyse

Schön<sup>1</sup>, Möller D<sup>1</sup>, Bruckner A<sup>2</sup> & Blumenstein B<sup>1</sup>

*Keywords: Clusteranalyse, Nährstoffmanagement, wirtschaftliche Stickstoffeffizienz*

## Abstract

*As organic farms tend to show heterogeneous structures regarding overall business organization as well as specific resource management measures, generalizations regarding best practice approaches are difficult to make. Therefore, this study aims to identify more homogenous patterns by conducting a cluster analysis based on data provided by 60 organic farms in Germany, and to further examine the clusters particularly focusing on efficiency in nitrogen usage. The results show evidence for homogenous structures and distinctive features indicating patterns of similarity in different types of organic farms in Germany. Analyses of the cluster groups hint at specific characteristics in nitrogen use efficiency depending on the farm type. The use of cluster analysis has shown promising results and could be an effective method to identify similar types of farms, thus enabling further research into key factors for a successful and efficient management of resources.*

## Einleitung und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund knapper (Stickstoff-)Ressourcen und dem Ziel emissionsarmen Wirtschaftens spielt die Optimierung des Nährstoffmanagements im Öko-Landbau eine herausragende Rolle. Die Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebe zeigt eine zunehmende Heterogenität der Systeme (Finger & El Benni, 2022). Gerade Öko-Betriebe sind geprägt von sehr diversen Strukturen (Nieberg et al., 2004). Dieser Umstand erschwert jedoch das Erkennen von Mustern in Datensätzen und die Identifikation von Faktoren für erfolgreiches Nährstoffmanagement und die effiziente Nutzung von Stickstoff.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es daher, aus einer heterogenen Stichprobe ökologisch wirtschaftender Betriebe Betriebstypen zu identifizieren und zu segmentieren. Hierdurch soll statistisch die Homogenität innerhalb der Gruppen erhöht und somit die Grundlage für weitere vergleichende Untersuchungen geschaffen werden. Aufgezeigt werden sollen darauf aufbauend die Charakteristiken der identifizierten Betriebstypen und welche Aussagen sich hinsichtlich spezifischer Nährstoffmanagementmaßnahmen und clusterspezifischer integrierter ökonomischer Effizienz und Stickstoffnutzungs-Effizienzen ableiten lassen.

## Methoden

Die Untersuchung ist im Rahmen des von der BLE geförderten Projekts „*NutriNet – Kompetenz- und Praxisforschungsnetzwerk zur Weiterentwicklung des Nährstoff-*

---

<sup>1</sup> Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Betriebswirtschaft, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, D, [bwl@uni-kassel.de](mailto:bwl@uni-kassel.de), [www.uni-kassel.de/agrar/bwl](http://www.uni-kassel.de/agrar/bwl)

<sup>2</sup> Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde

*managements im Ökologischen Landbau“ (FKZ: 2818OE075)* durchgeführt worden. Basis der Untersuchung bilden Daten von Bewirtschaftung und Nährstoffmanagement der im Rahmen des Projekts erfassten 60 NutriNet- Netzwerkbetriebe, von denen aufgrund der unterschiedlich vorliegenden Datenqualität zwei Drittel in die Untersuchung einbezogen werden konnten (n=40). Die Grundlage für die Identifikation und die Gruppierung von Betriebstypen bildet eine Clusteranalyse. Kern der Methodik ist das Erkennen von Ähnlichkeitsstrukturen in komplexen Datensätzen mit Hilfe eines Algorithmus. Als Variablen für die Analyse wurden die Daten zu Qualität des Ackerbodens (Soil Quality Rating, SQR), Ertrag von Winterweizen/Dinkel (WW/Di) als exemplarische Kultur einer Fruchtfolge (dt ha<sup>-1</sup>), Viehbesatz (GVE ha<sup>-1</sup>), Düngung (kg N ha<sup>-1</sup>) und N-Fixierleistung (kg N ha<sup>-1</sup>) (Modellierung: N<sub>fix</sub>=Gesamtpflanzen-N minus Boden-N-Aufnahme) als relevant für die Gruppierung und Charakterisierung von Betriebstypen identifiziert. Vorbereitend wurden die metrisch skalierten Daten standardisiert und mit Hilfe des Single-Linkage-Verfahrens auf Ausreißer geprüft. Die Clusterbildung erfolgte mittels des Ward-Verfahrens, anschließend wurde eine Optimierung des Ergebnisses unter Verwendung der K-Means-Methode durchgeführt. Die Auswahl der Clusterzahl wurde anhand des Elbow-Kriteriums und dem Test nach Mojena validiert. Die Homogenität der Cluster wurde mittels der F-Werte geprüft (Varianz der Variable im Cluster dividiert durch Varianz der Variable in der Erhebungsgesamtheit), ein Wert >1 zeigt dabei eine größere Streuung der Variable innerhalb der Gruppe als in der Grundgesamtheit (Vorgehen orientiert an Fachliteratur (vgl. Backhaus et al., 2021)).

Die Untersuchung der clusterspezifischen Besonderheiten hinsichtlich des Nährstoffmanagements erfolgte anhand folgender Kriterien: Art der Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau und Technik der Düngerausbringung. Als betriebswirtschaftliche Leistungskennzahl wurde die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAKfL) herangezogen (vgl. Schroers & Krön, 2019). Für die Ermittlung der betriebstypen-spezifischen Effizienz des Stickstoffesatzes wurde die *Ökonomische Effizienz* (DAKfL/N-Zufuhr) nach Mußhoff & Hirschauer (2020) und KTBL (2020) berechnet (Preisansatz N: 4,63 € kg<sup>-1</sup>). Zusätzlich wurde in Form der N-Nutzungseffizienz (N-Abfuhr Ernte dividiert durch N-Zufuhr aus Düngemitteln und Leguminosenanbau) die mengenmäßige Effizienz der Stickstoffströme und in Form der N-Betriebswerte (Veredelungswert, Zukaufswert, Herstellungswert nach Wolf & Möller (2007)), die Kostenstruktur dieser ermittelt und verglichen.

## Ergebnisse und Diskussion

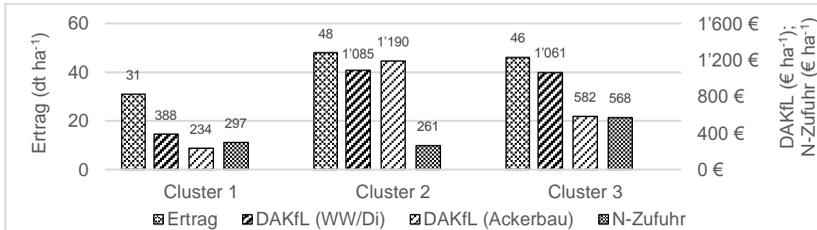
Die Ergebnisse der Clusteranalyse zeigen deutliche Charakteristiken der einzelnen Betriebstypen, besonders auffällig sind hierbei die Unterschiede im Viehbesatz und der zugeführten Stickstoffmenge aus der Fixierleistung des Leguminosenanbaus (Tab. 1).

**Tabelle 1: Variablen nach Clusterzugehörigkeit (F-Wert der jeweiligen Variablen in Klammern)**

	SQR	Ertrag (dt ha)	GVE/ha	N-Düngung (kg N ha)	N-Fixierung (kg N ha)
Cluster 1	50 (0,40)	31 (0,48)	0,37 (0,64)	49 (1,64)	69 (0,30)
Cluster 2	69 (1,17)	48 (0,51)	0,11 (0,18)	45 (0,66)	124 (0,52)
Cluster 3	56 (0,68)	46 (0,41)	0,98 (0,74)	57 (0,57)	218 (0,72)

Die Prüfung der clusterspezifischen Variablen mittels des F-Werts zeigt zudem, dass - bis auf SQR/Cluster 2 und N-Düngung/Cluster 1 - innerhalb der Cluster eine höhere Homogenität im Vergleich zur Stichprobengrundgesamtheit erreicht werden konnte.

Die Segmentierung als Ergebnis der Clusteranalyse führt somit zu homogeneren Strukturen und charakteristischen Betriebstypen, die als Basis für eine tiefere Untersuchung clusterspezifischer Besonderheiten dienen können. Wenngleich die Untersuchung der Nährstoffmanagementmaßnahmen keine ausreichenden Unterschiede zwischen den Betriebstypen ergab, um eine Interpretation zu ermöglichen, so deutet die Berechnung der Effizienzen auf deutliche clusterspezifische Differenzen hin (Abb.1).

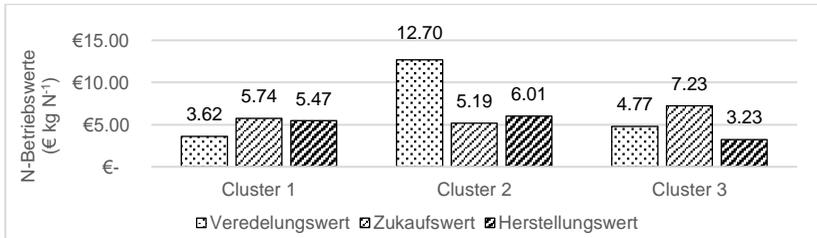


**Abbildung 1: Clustervergleich von Ertrag, Kosten-Leistung und Stickstoffzufuhr**

Die Betriebe des Clusters 2 weisen die höchste ökonomische Effizienz ( $DAKfL(WW/Di) [€/ha]/N-Zufuhr[€/ha]$ ) der Stickstoffnutzung von 4,15 auf, was über die hohe Leistung des Anbaus von Winterweizen/Dinkel und (aufgrund der geringen N-Dünge-Menge) den niedrigen Kosten für Stickstoffzufuhr begründet werden kann. Die Betriebe in Cluster 1 erreichen die geringste ökonomische Effizienz (1,31), wenngleich aufgrund des Werts >1 dennoch Wirtschaftlichkeit vorliegt. Für die geringe Effizienz ist dabei primär die niedrige DAKfL für WW/Di verantwortlich, die deutliche Differenz zur mengenmäßigen Ertragsleistung lässt dabei auf eine kostenintensive Herstellung schließen. Cluster 3 erreicht überdurchschnittliche Erträge im Anbau von WW/Di, die Kosten der Herstellung sind dabei vergleichbar mit Cluster 2, jedoch kann aufgrund der hohen Mengen an zugeführtem Stickstoff, insbesondere über die N-Fixierung (vgl. Tab. 1), nur eine geringere ökonomische Effizienz des Stickstoffeinsatzes (1,87) erreicht werden.

Die N-Betriebswerte zeigen ebenfalls starke clusterspezifische Unterschiede (Abb. 2). Die Betriebe des Clusters 2 erreichen die höchste Leistung (Veredelungswert) pro eingesetztem Kilogramm Stickstoff. Für die Betriebe in Cluster 1 ist sowohl der Zukauf als auch die eigene Herstellung von Stickstoff teurer als der Veredelungswert pro Kilogramm Stickstoff, wodurch ein ungünstiges Kosten-Leistungs-Verhältnis aufgezeigt wird. Die Betriebe des Clusters 3 erreichen den günstigsten Herstellungswert, der zudem unterhalb des Veredelungswerts liegt, der Zukauf von Stickstoff ist verhältnismäßig teuer, spielt in diesem Cluster allerdings nur eine untergeordnete Rolle.

Die weiteren wirtschaftlich ausgerichteten Berechnungen der Effizienz (hier nicht aufgeführt: Kosteneffizienz, Erlöseffizienz) zeigen für die Betriebe des Clusters 2 ebenfalls die besten Ergebnisse. Somit könnte dieser Betriebstyp als Leistungs-Benchmark dienen, um im Vergleich mit den anderen Clustern Optimierungspotentiale für diese zu entdecken. Aufgrund der besten Standortbedingungen ist die Vergleichbarkeit der Cluster diesbezüglich allerdings nur eingeschränkt möglich (da z.B. keine Berücksichtigung des Pachtpreinsniveaus in der DAKfL).



**Abbildung 2: N-Betriebswerte nach Clustern**

Die Untersuchung der N-Nutzungs-Effizienz zeigt hingegen Vorteile für die Betriebstypen in Cluster 1 bzw. 3 (nahezu optimales Nutzungsverhältnis von N-Zufuhr zu N-Abfuhr mit Werten von 1,04 bzw. 0,92), während der in wirtschaftlicher Hinsicht vorteilhafte Cluster 2 mit einem Wert von 1,85 kein ausgeglichenes Nutzungsverhältnis aufweist (Entzug deutlich größer als Zufuhr). Der Vergleich und die Bewertung von Effizienzen des Stickstoffeinsatzes hängt demzufolge insbesondere auch mit der Relevanz für den Betrieb und dessen Zielsetzung(en) zusammen.

## Schlussfolgerungen

Die Segmentierung von ökologisch wirtschaftenden Betrieben mittels Clusteranalyse zeigt in der vorliegenden Untersuchung einen vielversprechenden Ansatz, um in den heterogenen Strukturen und Ausprägungen Muster zu erkennen, die es ermöglichen, Betriebstypen zu identifizieren und durch die Bildung von homogenen Gruppen vergleichende und clusterspezifische Untersuchungen durchführen zu können. Die wirtschaftliche Effizienz der Stickstoffnutzung zeigt clusterspezifische Unterschiede, die grundsätzlich weiterführende Untersuchungen bezüglich relevanter Einflussfaktoren ermöglichen. Für eine vergleichende Analyse und die Identifikation möglicher Erfolgsfaktoren sollte allerdings eine Einbeziehung der standortspezifischen Kosten erfolgen.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim NutriNet-Projektteam und den NutriNet-Betrieben für die Datenbereitstellung sowie der BLE für die Projekt-Förderung im Rahmen des BÖL.

## Literatur

- Backhaus K, Erichson B, Gensler S, Weiber R & Weiber T (2021) Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung. Springer Gabler, Wiesbaden.
- Finger R & El Benni N (2022) Einkommen in der Landwirtschaft: neue Perspektiven und Implikationen für die Politikbewertung. *Agrarforschung Schweiz*, 2022, 13, 17-25.
- KTBL (2020) Betriebsplanung Landwirtschaft 2020/21. 27. Auflage. Darmstadt.
- Mußhoff O & Hirschauer N (2020) Modernes Agrarmanagement: Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren (5., überarbeitete und erweiterte Auflage). Franz Vahlen, München.
- Nieberg H, Rahmann G & Zurek C (2004) Erste Ergebnisse des Praxis-Forschungs-Netztes Ökologischer Landbau. *Landbauforschung Völkenrode SH 273*: 85-90.
- Schroers J-O & Krön K (2019) Methodische Grundlage der Datensammlung „Betriebsplanung Landwirtschaft“. KTBL, Darmstadt.
- Wolf & Möller (2007) Betriebswirtschaftliche Handhabung der innerbetrieblichen Verrechnung von Stickstoff in der Betriebszweigabrechnung im Ökologischen Landbau. In Brötter A C (Hrsg.) *Betriebszweigabrechnung im ökologischen Ackerbau*. DLG-Verlag, Frankfurt a.M.: 50-59.